



Maanteiden kunnossapidon kaluston polttoaineenkulutuksen seuranta ja energiatehokkuus

Tomi Kujala

Opinnäytetyö
Toukokuu 2020
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
JAMK University of Applied Sciences

Tekijä(t) Kujala, Tomi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 43 sivua	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Maanteiden kunnossapidon kaluston polttoaineenkulutuksen seuranta ja energiatehokkuus		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Mikko Ilola, Jarmo Räisänen		
Toimeksiantaja(t) YIT Suomi Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda YIT Suomi Oy:n infrakunnossapidon yksikölle kustannustehokas ja helppokäyttöinen ns. ensimmäisen vaiheen polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmä sekä menetelmäohje, joilla alueurakan työnjohto pystyy seuraamaan urakan aikaista polttoaineenkulutusta. Työssä tuli myös täydentää urakkakohtaista ympäristösuunnitelmaa energiatehokkuuden osalta sekä tutkia kunnossapitokaluston energiatehokkuuden kehitystä tulevaisuudessa.</p> <p>Työssä kerättiin tietoa aiheesta ja polttoaineenkulutuksen seurannan nykytilasta asiantuntijahaastattelulla sekä aliurakoitsijakyselyllä. Kyselyllä selvitettiin myös työläji- ja työkonekohtaisia polttoaineenkulutuksia, joita tarvittiin seurantamenetelmään. Aineistonkeruussa hyödynnettiin pääasiassa Väyläviraston julkaisuja ja tutkimuksia, koska Väylävirasto vastaa valtion tieverkon kehittämisestä ja kunnossapidosta ja näin ollen aineistoista löytyi ajan-kohtaisimmat tiedot aiheesta.</p> <p>Työn tuloksena valmistui ns. ensimmäisen vaiheen polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmä sekä menetelmäohje, joita voidaan hyödyntää valtakunnallisesti YIT:n hoitourakoissa. Ensimmäisen vaiheen seurantamenetelmällä tarkoitetaan tässä tapauksessa manuaalista seurantaa, jota on tarkoitus jatkokehittää myöhemmin mahdollisesti automaattiseksi seurantajärjestelmäksi. Tämän lisäksi työssä valmistui täydennetty energiatehokkuusosio urakkakohtaiseen ympäristösuunnitelmaan, sekä katsaus kunnossapitokaluston energiatehokkuuden tulevaisuuden näkymiin.</p> <p>Valmistunutta seurantamenetelmää ja menetelmäohjetta on tarkoitus pilotoida kesällä 2020 Jyväskylän hoidon ja ylläpidon alueurakassa. Lisäksi valmistunutta urakkakohtaisen ympäristösuunnitelman energiatehokkuusosiota on tarkoitus pilotoida välittömästi.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Polttoaineenkulutuksen seuranta, energiatehokkuus, maanteiden kunnossapito		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Kujala, Tomi	Type of publication Bachelor's thesis	Date May, 2020
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 43 pages	Permission for web publication: x
Title of publication Monitoring fuel consumption and energy efficiency of road maintenance equipment		
Degree programme Degree Programme in Logistics		
Supervisor(s) Ilola, Mikko; Räisänen, Jarmo		
Assigned by YIT Finland Ltd		
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to create a cost-effective and user-friendly first stage fuel consumption monitoring system and instructions for the monitoring system for the YIT Finland Ltd road maintenance unit. The monitoring system can be used for real-time fuel consumption monitoring. The thesis also includes an energy efficiency chapter as part of an environmental plan, and a study of the future development of energy efficiency in road maintenance equipment.</p> <p>The work was carried out by studying the current state of fuel consumption monitoring by conducting expert interviews and a survey with the assignor's subcontractors. The survey was also used for obtaining specific fuel consumption information about different kinds of road maintenance work and machines, which was needed for the fuel consumption monitoring system. The materials used were mainly publications and studies of the Finnish Transport Infrastructure Agency which is responsible for the development and maintenance of Finland's transport system.</p> <p>The outcome of the thesis was a fuel consumption monitoring system and instructions for the system that can be used by all the company's road maintenance units. The monitoring system will be piloted next summer in the regional maintenance work in Jyväskylä. In addition, the outcomes of the thesis included an energy efficiency chapter as well as an overview of the future prospects of energy efficiency in road maintenance equipment. The energy efficiency chapter can be utilized in the specific environmental plans of regional road maintenance contracts.</p>		
Keywords/tags (subjects) Fuel consumption monitoring, energy efficiency, road maintenance		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto.....	4
1.1	Opinnäytetyön tausta, tavoitteet sekä aiheen rajaus.....	4
1.2	Tutkimusmenetelmät	5
1.3	YIT Suomi Oy infran kunnossapitäjänä	6
2	Maanteiden kunnossapito	7
2.1	Tienhoito Suomessa	7
2.2	Urakkamalli.....	9
2.3	Talvihoito	10
2.3.1	Lumen auraus	12
2.3.2	Liukkauden torjunta	13
2.3.3	Muut talvihoitotyöt	15
2.4	Kesähoito	15
2.4.1	Sorateiden kunnossapito	16
2.4.2	Liikenneympäristön hoito.....	17
2.4.3	Muut kesähoitotyöt	19
3	Ympäristösuunnitelma.....	19
3.1	Tausta	19
3.2	Energiatehokkuus	20
4	Polttoaineenkulutuksen seuranta	22
4.1	Hoitourakoiden polttoaineenkulutuksen seuranta.....	22
4.2	Kalusto	23
4.3	Kulutusta vähentävät toimenpiteet	26
4.4	Haasteet.....	26
4.5	Tulevaisuus	27
4.5.1	Energiatehokkuus	27
4.5.2	Maanteiden kunnossapito Ruotsissa.....	29
4.5.3	Vaihtoehtoiset polttoaineet	30
5	Kehitystyö	32
5.1	Taustatyö	32

	2
5.2 Asiantuntijahaastattelut.....	33
6 Tulokset.....	33
6.1 Polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmä	34
6.2 Energiatehokkuusosuus ympäristösuunnitelmaan	36
6.3 Tulevaisuuden näkymät.....	37
7 Pohdinta.....	37
Lähteet.....	40
Liite 1. Työkoneiden keskimääräinen päästö ja energia tehonkäyttöä kohden Suomessa vuonna 2016	43

Kuviot

Kuvio 1. Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat kartalla (Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat	9
Kuvio 2. Talvihoitokäyttöön varusteltu kuorma-auto	11
Kuvio 3. Auratyyppejä.....	13
Kuvio 4. Suolan käyttö maanteiden liukkaudentorjunnassa 1990-2012.....	14
Kuvio 5. Rakentamattoman soratien rakenne.....	16
Kuvio 6. Sorateiden kunnossapitotöiden suositeltavat toteuttamisajankohdat.	17
Kuvio 7. Maanteiden viheralueiden hoitoluokat	18

Taulukot

Taulukko 1. Kaluston valinta talvihoidossa.....	11
Taulukko 2. Lumenpoiston laatuvaatimukset sään ja kelin muutostilanteessa ...	12
Taulukko 3. Pakokaasupäästöihin keskittyvät uudet kone- ja kuljetuskaluston vaatimukset	21
Taulukko 4. Energiatehokkuuteen keskittyvät uudet kone- ja kuljetuskaluston vaatimukset	22

Taulukko 5. Dieselkäyttöisten työkoneiden polttoaineen kulutus ja päästöt.....	24
Taulukko 6. Työkoneiden stage-luokat ja niiden voimaantulovuodet	25
Taulukko 7. Euronormit ja niiden voimaantulovuodet.....	26
Taulukko 8. Esimerkki polttoaineenkulutuksen seurantataulukosta.	35

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta, tavoitteet sekä aiheen raja

Ilmaston lämpeneminen on kiihtynyt lyhyessä ajassa voimakkaammin kuin koskaan ennen. Suurimmat syyt ilmaston lämpenemiselle ovat kasvihuonekaasujen päästöt, joita syntyy mm. liikenteestä ja teollisuudesta. Liikenteen fossiilisten polttoaineiden kulutus ja niistä aiheutuvat päästöt ovat näin ollen erittäin suuressa roolissa ilmastomuutoksessa. Tämän vuoksi kulutusta ja päästöjä yritetään vähentää erilaisin keinoin, kuten tuomalla vaihtoehtoisia polttoaineita ja uusia käyttövoimia liikenteen käyttöön.

Suomessa liikenteen fossiilisten polttoaineiden kulutusta ja niistä aiheutuvia päästöjä pyritään vähentämään lainsäädännöillä ja kestäväällä julkisella hankinnalla. Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaan liikenteestä aiheutuvia päästöjä tulee vähentää vuoteen 2030 mennessä 50 % vuoden 2005 tilanteeseen verrattuna. Tämän lisäksi Suomen liikenteen tulisi olla hiilivapaa vuoteen 2045 mennessä. Väylävirasto on Suomen valtion liikenneinfran kehittämisestä ja kunnossapidosta vastaava virastona sitoutunut vähentämään viraston alaisuudessa olevien hankkeiden päästöjä sekä selvittämään päästöjen lähtötasot. Väylävirastolla on myös eniten toimivaltaa väylänpidon hiilijalanjäljen pienentämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen. (Mannola 2019.)

Opinnäytetyön taustalla on Väyläviraston asettamat vaatimukset teiden kunnossapidon urakoille Suomessa 1.10.2019 alkaen. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus) on maanteiden kunnossapidon tilaajan roolissa esittänyt Väyläviraston vaatimukset urakoitsijoille polttoainekulutuksen seurantatavan ja urakassa käytetyn käyttövoiman ilmoittamisesta sekä urakkakohtaisesta ympäristösuunnitelmasta, jossa energiatehokkuus osa-alueena vaaditaan osana toiminta- ja laatusuunnitelmaa. (Toiminta- ja laatusuunnitelma n.d.)

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli YIT Suomi Oy:n infrakunnossapidon yksikkö. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda YIT:lle teiden kunnossapitoon ns. ensimmäisen vaiheen polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmä sekä menetelmäohje, jota hyödyntämällä aliurakoitsijoiden urakan aikaista polttoaineenkulutusta voidaan seurata. Työssä käsiteltäväksi urakaksi muodostui pääasiassa Keski-Suomen ELY-keskuksen kilpailuttama Jyväskylän hoidon ja ylläpidon alueurakka, mutta tietoa kerättiin myös muiden Keski-Suomen alueurakoiden aliurakoitsijoilta. Lisäksi opinnäytetyössä tuli täydentää myös tilaajan vaatiman urakkakohtaisen ympäristösuunnitelman energiatehokkuusosuutta, mutta muuten ympäristösuunnitelman sisältöön ei otettu kantaa. Ympäristösuunnitelman energiatehokkuusosuutta työn tilaaja voi halutessaan käyttää osana alueurakan urakkakohtaista ympäristösuunnitelmaa. Opinnäytetyön ulkopuolelle rajattiin työnjohdon kaluston polttoaineenkulutus alueurakassa sekä aliurakoitsijoiden kaluston energiatehokkuuden parantaminen muutoin kuin polttoaineenkulutuksen osalta.

Tutkimusta ohjasivat seuraavat tutkimuskysymykset:

- Millainen menetelmä tulee olla polttoaineenseurannassa teiden kunnossapidossa?
- Millaiset keskimääräiset polttoaineenkulutukset ovat käytettävillä työkohteilla?
- Millaiset tulevaisuuden näkymät ovat kaluston energiatehokkuudessa teiden kunnossapidossa?

1.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyössä käytetyt tutkimusmenetelmät olivat kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia. Kvantitatiivista aineistoa kerättiin pääasiassa Väyläviraston ja YIT:n dokumenteista, joissa oli tietoa mm. alueurakoiden työlajeista, sopimuksien sisällöistä ja kalustovaatimuksista. Lisäksi tehtiin aliurakoitsijoille suunnattu kysely, jossa kartoitettiin mm. aliurakoitsijoiden kalustoa, polttoaineenkulutuksen seurantaa, työlajikohtaisia polttoaineenkulutuksia ja kaluston käyttövoimia. Kyselyn tuloksia käsiteltiin tilastollisessa muodossa, joka helpotti seurantamenetelmän luomista. Kvalitatiivista aineistoa puolestaan saatiin, kun tutkimuksessa haastateltiin aliurakoitsijoita, Jyväskylän alu-

eurakan työnjohtoa ja YIT:n projektipäällikköä. Haastattelujen tarkoitus oli kerätä tietoa seurantamenetelmän toteutustavasta, raportoinnista sekä ympäristösuunnitelman energiatehokkuusosion vaatimuksista.

1.3 YIT Suomi Oy infran kunnossapitäjänä

Opinnäytetyön tilaajana toiminut YIT Suomi Oy on Suomen suurin suomalainen rakennusyhtiö, ja sen historia ylettyy nykyisin vuoteen 1910 asti, jolloin entinen Lemminkäinen Oyj oli perustettu (Yli 100-vuotinen YIT n.d.). YIT:n viisi raportoitavaa toimialaa ovat Asuminen Suomi ja CEE, Asuminen Venäjä, Infraprojektit, Toimitilat sekä Kiinteistöt. Teiden kunnossapitoyksikkö kuuluu Infraprojektit-segmenttiin. YIT toimii Suomen lisäksi Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa, Virossa, Latviassa, Liettuassa, Tšekissä, Slovakiassa, Puolassa ja Venäjällä. YIT Oyj ja Lemminkäinen Oyj yhdistyivät 1.2.2018, ja yritysten oikaistu pro forma -liikevaihto oli vuonna 2018 noin 3,2 miljardia euroa ja henkilöstöä oli yhdistymisen jälkeen noin 10 000. YIT:n toimitusjohtajana on toiminut vuodesta 2013 lähtien Kari Kauniskangas. (YIT ja Lemminkäinen yhdistyvät 2017; Konsernin rakenne n.d.)

Infran kunnossapito on suhteellisen uusi toimiala YIT:lle, joka voitti ensimmäisen ELY:n kilpailuttaman alueurakkansa maanteiden hoidon kilpailutuksen avautuessa vuonna 1998. Tätä ennen YIT:llä oli ollut yksittäisiä kaupunkiurakoita Helsingissä. Vuonna 2001 YIT:llä oli jo neljä urakkaa hoidossaan, ja vuonna 2002 perustettiin infrarakunnossapidon yksikkö. Tämän jälkeen toiminta on laajentunut toimialalla, ja tammikuussa 2020 YIT on Suomen toiseksi suurin urakoitsija teiden kunnossapidossa 27 urakalla. (Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat 1.10.2019 - 1.10.2020; Tommola 2020.)

Jyväskylän hoidon ja ylläpidon alueurakka on luokiteltu tilaajan toimesta vaativaksi urakaksi, koska urakka-alueella on erittäin suuret liikennemäärät sekä paljon moottoriteitä. Urakkaan kuuluu noin 1241 tiekilometriä, joista valtateitä on noin 235 kilometriä ja sorateitä 423 kilometriä. Urakka-alue jakautuu Jyväskylän, Muuramen, Petäjäveden, Tikkakosken, Laukaan, Hankasalmen, Toivakan ja Joutsan kuntien alueille. (Tommola 2020.)

2 Maanteiden kunnossapito

2.1 Tienhoito Suomessa

Suomessa valtiojohtoisen tienhoidon historia ylettyy vuoteen 1799, jolloin Suomeen perustettiin Kuninkaallinen Suomen Koskenperkausjohtokunta Kustaa IV Adolfin toimesta. Tämän jälkeen viraston nimi muuttui useita kertoja, kunnes Suomen itsenäistymisen jälkeen vuonna 1925 perustettiin uusi valtionvirasto, Tie- ja vesirakennushallitus eli TVH. Vuonna 1964 viraston nimi muutettiin Tie- ja vesirakennuslaitokseksi eli TVL, minkä jälkeen vuonna 1990 perustettiin lopulta Tielaitos. Tielaitoksen aikana aloitettiin teiden kunnossapidon kilpailutuksen avaaminen, ja lopulta vuonna 1998 tienhoidon kilpailutusta testattiin ensimmäisen kerran viidellä 3-vuotisella pilottiurakalla. Tällöin YIT Oy voitti myös ensimmäisen maanteiden hoitourakkansa, joka oli nimeltään Harjavallan pilotti. Onnistuneiden pilotointien jälkeen siirryttiin pidempiin, pääsääntöisesti viisivuotisiin alueurakoihin. (Historia n.d; Tommola 2020.)

Nykyään Suomen valtion tieverkon kunnossapidosta ja kehittämisestä huolehtii Väylävirasto tienpitäjänä. Tilaajan roolissa oleva alueellinen Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus huolehtii oman alueensa maanteiden kunnossapidosta Väyläviraston ohjauksen mukaisesti. Hoidettava tiestö on maanteitä, jotka on luovutettu yleiseen liikenteeseen ja ovat Väyläviraston hallinnassa ja hoidossa. Teiden kunnossapito toteutetaan kokonaan alueellisilla palvelusopimuksilla, jotka ELY-keskus kilpailuttaa pääsääntöisesti noin 5 - 7 vuoden välein. ELY-keskus määrittää urakkakohtaisesti työt ja halutun laatutason Väyläviraston määrittämien toimintalinjojen mukaan. (Mannola 2019; Tommola 2020.)

Tiestö on jaettu maantieteellisesti 79 urakka-alueeseen, joilla kilpailutetut alueurakoitsijat vastaavat maanteiden hoidosta (ks. kuvio 1). Hoidettavaa maantietä on noin 78 000 kilometriä, jonka lisäksi jalankulku- ja pyöräteitä on noin 6000 km. Hoidettavat maantiet on jaettu toiminnallisen luokituksen mukaan neljään luokkaan:

- valtatiet
- kantatiet

- seututiet
- yhdystiet.

Valta- ja kantateitä eli niin sanottuja pääteitä on yli 13 000 kilometriä, joista moottoriteitä on noin 900 kilometriä. Urakoiden tiestöjen pituudet vaihtelevat noin 500 kilometrin ja 2 500 kilometrin välillä. Urakat on lajiteltu vaativuusluokan mukaan kolmeen luokkaan, jotka ovat perusurakka, vaativa ja erittäin vaativa urakka. Vaativuusluokan taas määrittää alueurakan liikennesuorite, tiepituus ja talvihoitoluokka.

Maanteillä on myös noin 15 160 siltaa, jotka kuuluvat alueurakoiden hoidettaviksi.

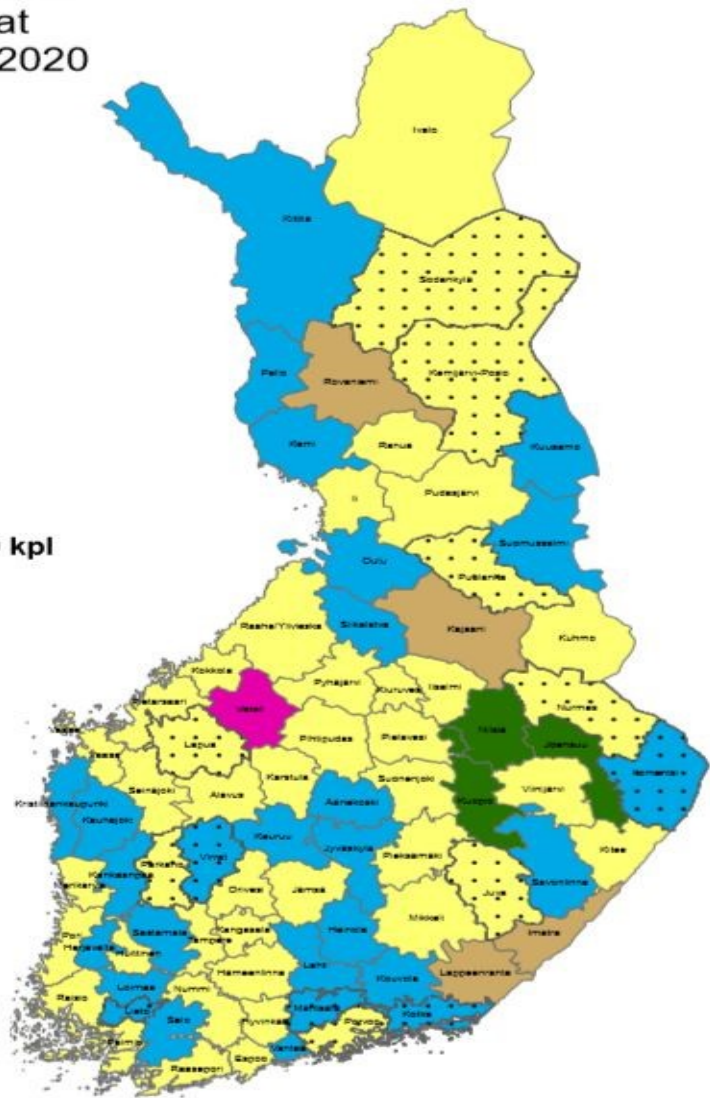
Kaksi suurinta maanteiden hoidon urakoitsijaa Suomessa ovat Destia Oy ja YIT Oy, jotka hoitavat noin 90 % hoitourakoista. (Kunnossapito 2019; Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat 1.10.2019 - 1.10.2020.)

Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat 1.10.2019 - 1.10.2020

Urakoitsija

- Destia Oy 44kpl
- YIT Suomi Oy 27kpl
- NCC Suomi Oy 4kpl
- Savon Kuljetus Oy 3kpl
- Tapio Pahlkakangas Oy 1kpl
- 2020 kilpailutettavat urakat

Urakoita yhteensä 79 kpl



Kuvio 1. Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat kartalla (Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat 1.10.2019 - 1.10.2020)

2.2 Urakkamalli

Maanteiden kunnossapitourakoissa on otettu käyttöön vuonna 2019 uusi hankinta- ja urakkamalli, jolla pyritään tehostamaan kunnossapitourakoiden toimintaa. Uusi urakkamalli on kehitetty yhdessä alan toimijoiden kanssa. Tällä hetkellä Suomessa eletään murroksen aikaa, koska käytössä on kahta eri urakkamallia teiden kunnossapidossa. Vanha malli on nimeltään hoidon ja ylläpidon alueurakka, ja uusi malli on ni-

meltään hoidonjohtourakka. Hoidon ja ylläpidon alueurakat ovat olleet kilpailutuksessa käytössä alusta alkaen, kun taas hoidonjohtourakoita on pilotoitu vuodesta 2014 Espoon hoidonjohtourakan ollessa ensimmäinen pilottiurakka. Vuodesta 2019 alkaen kaikki kilpailutettavat maanteiden hoitourakat ovat olleet hoidonjohtourakkatyyppisiä, eli urakoissa siirryttiin porrastetusti uuteen urakkamalliin. (Uusi teiden hoidon urakkamalli 2018; Levola n.d.)

Uudessa hoidonjohtourakkamallissa on siirrytty urakan kokonaishinnasta tavoitehintaan, jossa pääurakoitsijan palkkio on sovittu urakkasopimuksessa ja tehdyistä töistä maksetaan toteuman mukaan entisten kokonais- ja yksikköhintojen sijasta. Tällä tavoin uudessa urakkamallissa urakan kustannukset ovat tilaajan nähtävissä ja työt suunnitellaan yhdessä tilaajan kanssa. Uudella urakkamallilla pyritään parantamaan tilaajan ja urakoitsijan yhteistyötä sekä reagoimaan muutoksiin aiempaa nopeammin ja joustavammin. (Uusi teiden hoidon urakkamalli 2018.)

2.3 Talvihoito

Maanteiden kunnossapidossa on käytössä ns. urakkavuosi, joka jakautuu hoidon osalta talvihoitoon ja kesähoitoon. Talvihoidolla pyritään ensisijaisesti turvaamaan maanteiden päivittäinen liikennöitävyys ja turvallisuus talvikaudella. Talvihoidolla on suuri kansantaloudellinen merkitys, koska vuoden talvipuoliskon liikennesuorite on noin 45 % koko vuoden liikenteestä. Talvihoidon osuus alueurakoiden kustannuksista oli noin 51 % ennen vuotta 2015 (Bergman, Kulonen, Peltola, Penttinen 2015). Tiestö on jaettu kahdeksaan eri talvihoitoluokkaan, jotka ovat Ise, Is, I, Ib, TIb, Ic, II ja III. Hoitoluokkia muutettiin vuonna 2018, jolloin TIb -hoitoluokka päätettiin poistaa käytöstä vaiheittain vuosina 2019 - 2023. Lisäksi kevyeen liikenteen väylät on jaettu hoitoluokkiin K1 ja K2. Väylä-viraston linjausten mukaan teiden kunnossapidon painopisteinä ovat päätiet, joiden jälkeen varmistetaan päivittäinen liikennöitävyys ja turvallisuus muilla väylillä. Tiestön palvelutaso määrittyy hoitoluokan mukaan, kun taas hoitoluokka määrittyy kyseisten teiden merkityksestä, liikennemäärästä ja -koostumuksesta. Esim. Ise-hoitoluokan väylät ovat pääsääntöisesti suuria valtaväyliä, kun taas III-luokan väylät ovat useimmiten vähäliikenteisiä sorateitä. (Maanteiden talvihoito 2018; Liikennevirasto 2020.)

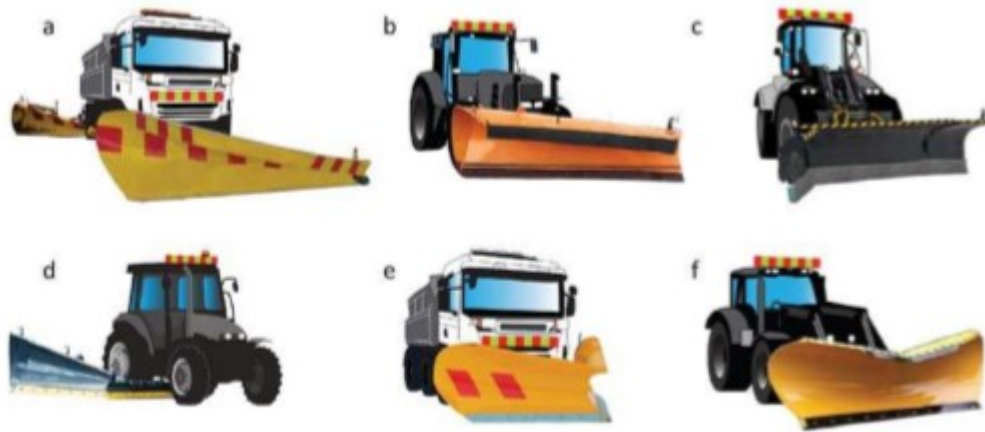
2.3.1 Lumen auraus

Talvihoidossa yleensä tiestöltä aurataan ensin lumet, minkä jälkeen torjutaan liukkaus. Lumen auraus ja liukkauden torjunta ovat kaksi merkittävintä talvihoitotyötä ja näissä töissä kuluu eniten polttoainetta talven aikana. Molemmat työtehtävät suoritetaan pääasiassa kuorma-autoilla ja traktoreilla, joissa on tarvittavat lisälaitteet. Lumen auraaminen aloitetaan korkeimman hoitoluokan väylistä, minkä jälkeen siirrytään alemman hoitoluokan tiestölle. (Maanteiden talvihoito 2018.) Taulukosta 2 nähdään Väyläviraston määrittämät maksimisyvyydet ja toimenpideaajat irtolumen ja sohjon auraukselle hoitoluokittain.

Taulukko 2. Lumenpoiston laatuvaatimukset sään ja kelin muutostilanteessa (Maanteiden talvihoito 2018)

Talvihoito-luokka	Maksimilumisvyvyys sateen aikana (cm)		Toimenpideaika (h)	
	Irtolumi	Sohjo	Irtolumi	Sohjo
Ise	4	2	2,5	2
Is	4	2	2,5	2
Ib	4	2	3	2,5
Ic	4	2	3	3
II	8	4	4	4
III	10	5	5	5

Kuviossa 3 on lueteltu erilaisia auratyyppejä, joita on käytössä maanteiden kunnossapidossa. Vinoetuaura on yleisin etuauratyyppi ja sen ensisijainen käyttökohde on vauhtiauraus maanteillä. Aurausnopeus on yleensä noin 40 - 60 km/h riippuen lumen olomuodosta ja tieympäristöstä, mutta nopeutta on mahdollista nostaa noin 80 km/h asti. Leveillä maanteillä vinoetuauraa käytetään sivuauran kanssa yhdessä, jolloin tie saadaan aurattua kerralla. Sivuauraa käytetään myös linja-autopysäkkien auraamiseen, mikä osaltaan vähentää ylimääräistä ajoa. Aurojen käyttö tuottaa lisää vierintävastusta työkoneille ja vähentää kuorma-autojen aerodynamiikan tuottamia hyötyjä polttoaineenkulutuksessa. (Maanteiden talvihoito 2017.)



Auratyyppejä: a) vinoetuaura ja leveä sivuaura, b) alueaura c) nivela, d) sivuaura, e) kärkiaura, f) perhosaura.

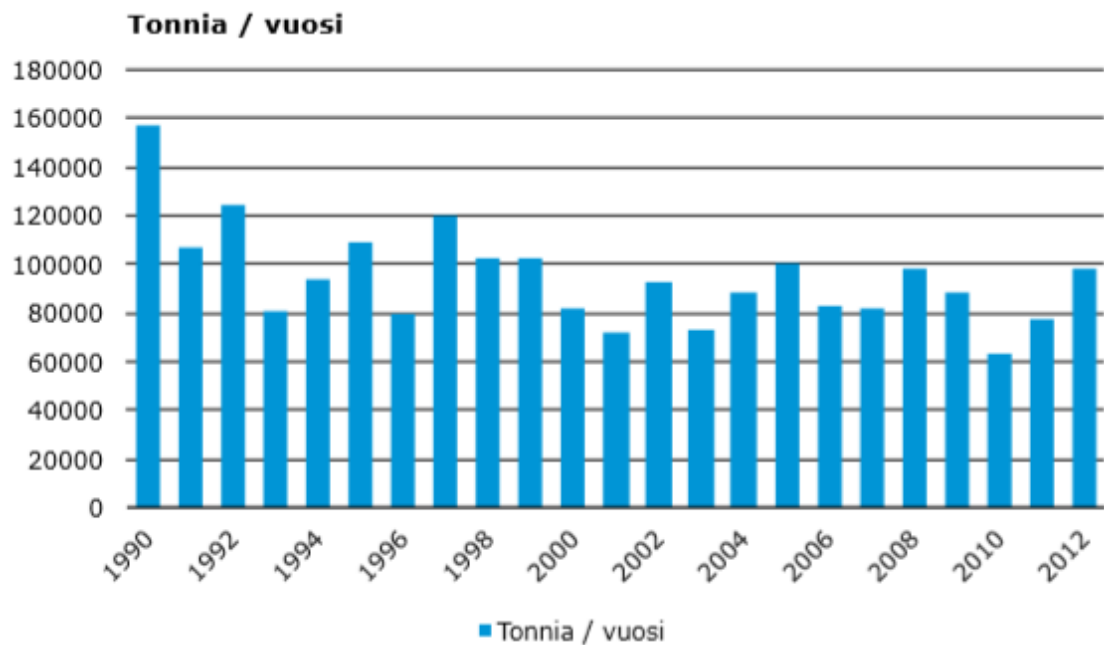
Kuvio 3. Auratyyppejä (Maanteiden talvihoito 2017)

2.3.2 Liukkauden torjunta

Tiestön liukkautta torjutaan hoitoluokan mukaan joko suolaamalla, hiekoittamalla tai karhentamalla tien pintaa. Korkean hoitoluokan tiestöllä liukkautta torjutaan pääsääntöisesti suolaamalla, kun taas alemman hoitoluokan tiestöllä liukkaus torjutaan pääsääntöisesti hiekoittamalla tai karhentamalla tien pintaa. Erikoistilanteissa voidaan kuitenkin ylempää tieverkkoa hiekoittaa suolahiekalla ja alemmaa tieverkkoa suolata. Pääasiassa suolaa käytetään vilkkaimmilla teillä, noin 9 600 kilometrillä Suomen koko tiestöstä. Muilla pääteillä suolaa käytetään lähinnä mustan jään torjumiseksi ja muiden ongelmatilanteiden selvittämiseksi. (Maanteiden talvihoito 2017.)

Tien pinnan karhennus tehdään yleensä kuorma-auton alaterällä, joskin karhennus tulee suorittaa eri toimenpiteenä kuin auraus. Suolauksessa ja hiekoituksessa käytetään myös alhaisempia ajonopeuksia. Keskimääräiset liukkaudentorjunta työnopeudet vaihtelevat suolauksessa 40-60 km/h välillä sen mukaan, missä olomuodossa suola levitetään, ja hiekoituksessa 30 - 35 km/h välillä. (Maanteiden talvihoito 2018.)

Kuviosta 4 nähdään, kuinka suolan käyttö Suomen maanteiden liukkaudentorjunnassa vaihtelee huomattavasti vuosittain, mutta trendi on kuitenkin laskussa. Esimerkiksi vuonna 2012 maanteiden suolaukseen käytetyn suolan tielle levittämiseen on tarvittu yli 5 500 kuorma-autollista suolaa. (Liikenteen ympäristöstrategia 2013 - 2020)



Kuvio 4. Suolan käyttö maanteiden liukkaudentorjunnassa 1990-2012 (Liikenteen ympäristöstrategia 2013 - 2020)

Liukkautta torjutaan useilla erilaisilla liukkaudentorjunta-aineilla, joista eniten on käytössä suolat natriumkloridi (NaCl) ja kalsiumkloridi (CaCl_2). Natriumkloridi on vesiliukoinen kemikaali, jota käytetään alentamaan veden jäätymispistettä. Sitä käytetään yleisimmin talvihoidon liukkaudentorjunnassa ja sitä voidaan käyttää rakeisena tai liuksena. Rakeista natriumkloridia kostutetaan kalsiumkloridilla, jolloin suola pysyy paremmin tien pinnassa eikä kulkeudu kokonaan liikenteen mukana ympäristöön. Urakka-asiakirjoissa saattaa olla rajoitettu tai kielletty kokonaan natriumkloridin käyttö tietyillä tieosuuksilla, jotka yleisimmin ovat pohjavesialueita. (Mattila, Sikiö, Jylänki & Ekholm 2016.)

Kalsiumkloridi on natriumkloridia haitallisempaa pohjavedelle, mutta vähemmän haitallisempaa kasvillisuudelle sen kalsiumpitoisuuden ansiosta. Kalsiumkloridia saa kuitenkin käyttää liuksena vain pieninä annoksina ja rakeisen natriumkloridin kostutukseen. Kalsiumkloridi on tehokas mustan jään torjunnassa, mutta sitä käytetään myös kesähoidossa sorateiden pölynsidontaan sekä soratien pinnan kestävyysparantamiseen. (Mattila ym. 2016.)

Suolan käyttöä rajoitetaan pohjavesialueilla, jolloin saadaan vähennettyä kloridikuormitusta alueella. Joissain alueurakoissa urakkaohjelma määrää pohjavesialueilla käytettäväksi natrium- tai kaliumformaatteja, jotka ovat ympäristöystävällisempiä kuin kloridisuolat. Natriumformaattia käytetään liuoksena tai kostutettuna rakeena, kun taas kaliumformaattia levitetään liuoksena. Molempien torjunta-aineiden formaatti-osa on biologisesti hajoava ja se hajoaa hiilidioksidiksi ja vedeksi ennen kulkeutumistaan pohjaveteen. Formaattihin siirtymistä hidastaa niiden korkea hankintahinta verrattuna klorideihin. Talvihoidon kokonaiskustannusten on arvioitu nousevan noin 5 - 10 %, jos kaikilla tärkeiksi luokitelluilla pohjavesialueilla sijaitsevilla suolattavilla maanteilla siirryttäisiin kaliumformaatin käyttöön Kyseisiä teitä oli vuonna 2013 vain 800 kilometriä, joka on noin 1 % kaikista valtion väylistä. (Talvihoidon toimintalinjat 2018; Vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden kulkeutuminen pohjavedessä 2013; Mattila ym. 2016.)

2.3.3 Muut talvihoitotyöt

Muita tärkeitä talvihoitotöitä on mm. tienpintojen tasaaminen ja polanteen poisto, lumivallien poisto, liikennemerkkien ja opasteiden puhdistaminen, aurausviitoitus ja kuivatusjärjestelmien talvihoito. Edellä mainitut talvihoitotyöt ovat polttoaineenkulutukseen verrattaessa suoritteeltaan mitattuna vähäpätöisiä, mutta myös erittäin tärkeitä hoitotöitä, joilla pystytään turvaamaan liikenneturvallisuus ja liikennekäytettävyys maanteilla talvikaudella. (Maanteiden talvihoito 2017.)

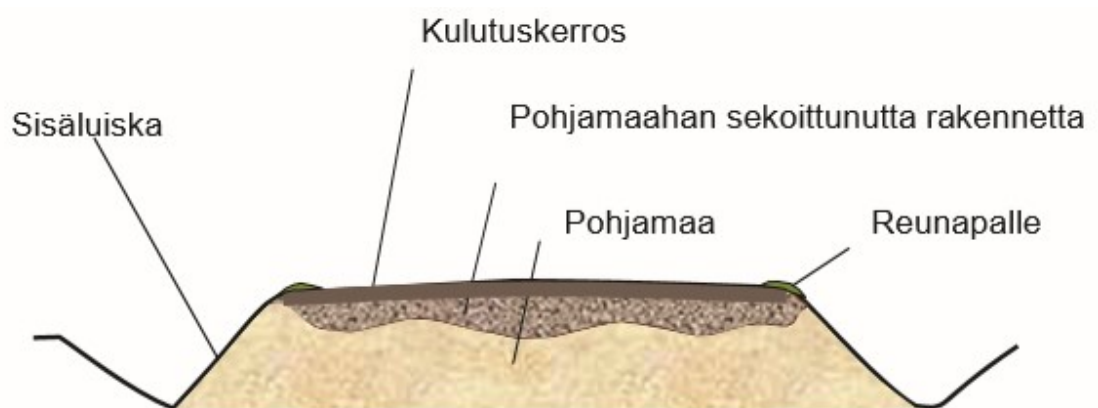
2.4 Kesähoito

Kesähoidon työt on pääsääntöisesti suoritettu kesäkauden aikana, mutta olosuhteiden muuttuessa Suomessa on myös mahdollistunut joidenkin työsuoritteiden tekeminen myös talvikaudella. Kesähoidossa on talvihoidosta poiketen hyvin laajalti erilaisia työkoneita käytössä. Työkoneita on käytössä kaivinkoneista ja motoista aina kasettiyhdistelmiin asti, jolloin koneiden kulurakenteet ja polttoaineenkulutukset vaihtelevat paljon. Samoilla työkoneilla voidaan suorittaa myös useampaa työlajia, joissa kaikissa polttoaineenkulutukset vaihtelet huomattavasti. Kesähoidon suurimmat työt ovat työmäärältään laskettuna sorateiden kunnossapito ja liikenneympäristön hoito.

Sorateiden hoidossa käytössä on pääasiassa kuorma-autoja, traktoreita, tela-alustaisia kaivinkoneita ja toisinaan tiehöyliä. Liikenneympäristön hoidossa on sen sijaan käytössä laidasta laitaan erilaisia työkoneita nostokoriautoista tasoleikkuriin. (Tomola 2020.)

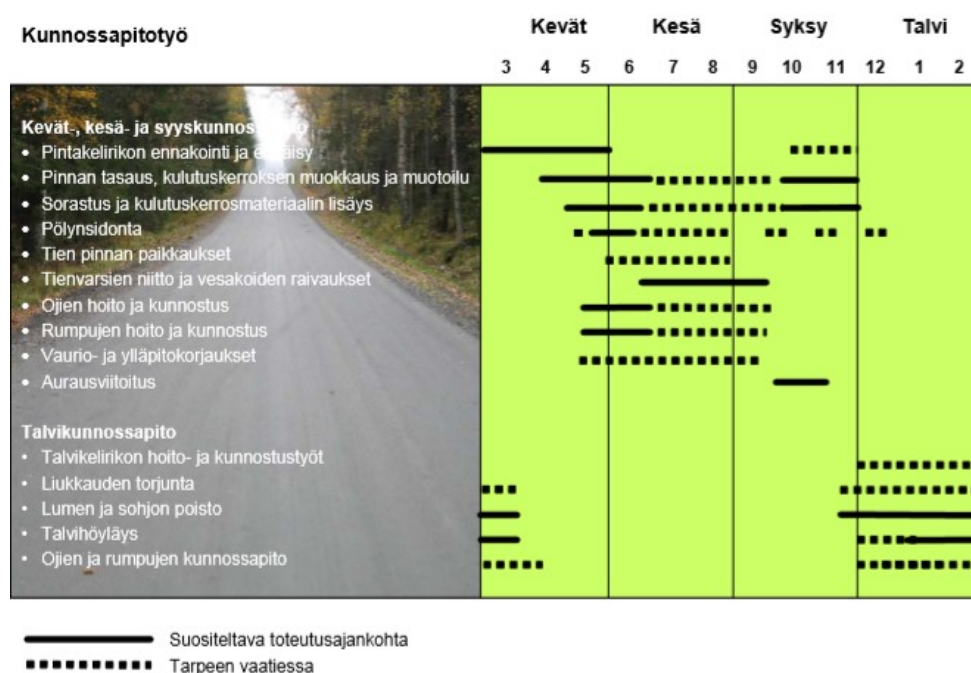
2.4.1 Sorateiden kunnossapito

Suomessa valtion tiestöstä sorateita on noin 27 000 kilometriä, joka on noin 35 % koko valtion tiestöstä. Vaikkakin sorateita on vain kolmannes kaikista väylistä, syntyy niiden hoidosta valtaosa kesähoidon kunnossapidosta. Suurin osa sorateista on vanhojen kulkureittien päälle paranneltuja rakentamattomia teitä (ks. kuvio 5), joissa ei ole rakennettu nykystandardein routimattomia rakennekerroksia. Rakentamattoman soratien päälle on tehty vain kulutuskerros, jota on pidetty liikennöitävässä kunnossa levittämällä pinnalle vain lisämursketta. Niilläkin sorateilla, joilla kantavuutta on jossain vaiheessa paranneltu kulutuskerroksen alle tulevalla kantavalla materiaalilla, rakenteissa oleva kantava materiaali on monesti sekoittunut alla olevaan pohjamaahan, jolloin tiet ovat muuttuneet vähitellen routiviksi. Tällöin soratiet kestävät liikennekuormitusta ja sääolosuhteita päällystettyjä teitä heikommin ja ovat näin jatkuvamman kunnossapidon tarpeessa läpi kesän. Sorateiden kunnossapito pitää sisällään monenlaisia hoitotoimenpiteitä, joita on muun muassa pinnan tasoitus ja paikkaaminen, pölynsidonta, sorastus ja kelirikkokorjaukset. (Sorateiden kunnossapito 2014.)



Kuvio 5. Rakentamattoman soratien rakenne (Sorateiden kunnossapito 2014)

Sorateiden kunnossapidossa työt jaetaan talvikunnossapidon lisäksi kevät-, kesä- ja syyskunnossapitotöihin (ks. kuvio 6). Kaikkiaan Kevätkunnossapitotöihin kuuluu talven aikana syntyneiden vaurioiden korjauksia, kelirikon ehkäisyä, sorastusta ja pölynsidontaa. Sorateiden pintojen kovettuessa ja kasvillisuuden lisääntyessä kesäkunnossapitotöihin kuuluu mm. pölynsidontaa, sorateiden paikkauksia ja tasaamista, tienvarsien niitot ja raivaukset sekä kuivatusjärjestelmien hoito ja kunnostus. Syyskunnossapitotöillä taas valmistaudutaan jo tulevaan talveen ja töihin kuuluu mm. aurasviitoitus, talviajankelirikon hoito, tasaukset sekä syysorastus. (Sorateiden kunnossapito 2014.)



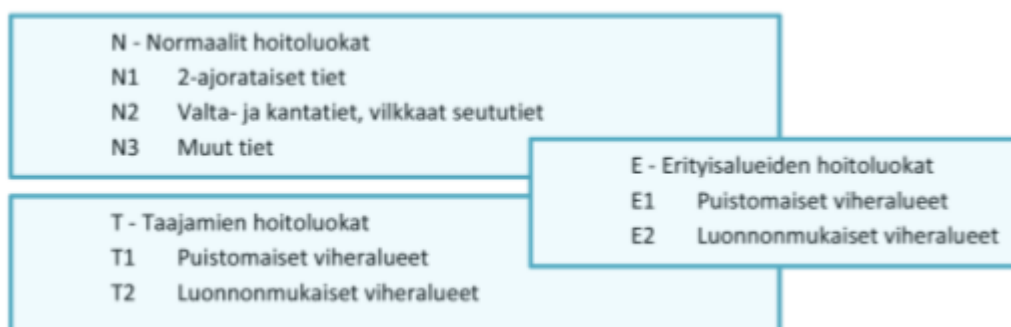
Kuvio 6. Sorateiden kunnossapitotöiden suositeltavat toteuttamisajankohdat (Sorateiden kunnossapito 2014)

2.4.2 Liikenneympäristön hoito

Liikenneympäristön hoito pitää sisällään vihertyöt, levähdysalueiden ja pysäkkikatos-ten siisteyden ylläpitämisen, liikennemerkkien puhtaanapitoa sekä varusteiden ja laitteiden hoitoa ja korjausta. Vihertöillä tarkoitetaan kunnossapidon töitä, joilla hoidetaan tieympäristön viheralueita. Väyläviraston pinta-ala arvio hoitourakoihin kuuluvista viheralueista on noin 1 500 km², mutta tarkkoja pinta-aloja ei useimmiten ole

tiedossa paikallisilla urakoitsijoillakaan. Vihertöitä on muun muassa näkemien ylläpito, puiden kaato sekä vieraslajien torjunta. (Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä 2014).

Maanteiden viheralueiden hoitoluokat jakautuvat kuvion 7 mukaisella tavalla normaaleihin, taajamien ja erityisalueiden hoitoluokkiin. Jokainen hoitoluokka vaatii hie-
man toisistaan poikkeavan kaluston ja hoidon. Hoitoluokat jakautuvat yläluokkiin sijainnin ja ajonopeuksien perusteella, jolloin yläluokat jaetaan normaaleihin sekä taajamien hoitoluokkiin. Normaaleihin hoitoluokkiin kuuluvat väylät ovat pääsääntöisesti taajaman ulkopuolella kulkevia maanteitä, joissa vihertyöt ovat pääasiassa niitoja ja vesakon raivauksia, mutta niihin voi kuulua myös erityisalueiden hoitoluokan kohteita tai muita hoitoon vaikuttavia ympäristötekijöitä. Niitoissa ja raivauksissa käytettävä kalusto on pääasiassa traktoreita ja monitoimikoneita, joissa on tarvittavat lisälaitteet. (Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä 2014).



Kuvio 7. Maanteiden viheralueiden hoitoluokat (Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä 2014)

Taajama-alueilla kulkuneuvojen nopeudet ovat hitaammat kuin taajamien ulkopuolella, jolloin viheralueita tarkastellaan pienemmistä ajonopeuksista ja usein myös jalkankulkijan näkökulmasta. Tällöin taajamien hoitoluokat määrittelevät tarkemmin hoidon, ja alueilla vaaditaan jalkautumista hoidon ylläpitämiseksi. Viheralueilla voi olla istutuksia ja kausikasveja, jolloin tarvitaan ruohonleikkureita ja muita pienkoneita alueen yleisilmeen ylläpitämiseen. (Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä 2014).

2.4.3 Muut kesähoitotyöt

Muita kesähoitotöitä on mm. siltojen vuositarkastukset ja kevätpesu, tierumpujen ja avo-ojien kunnossapito, kaiteiden, riista- ja suoja-aitojen sekä kiveysten hoito. Alueurakoitsija hoitaa yleensä omalla kalustollaan siltojen vuositarkastukset mutta muita kesähoitotöitä hoidetaan aliurakoitsijoiden vaihtelevalla kalustolla. (Tommola 2020.)

3 Ympäristösuunnitelma

3.1 Tausta

ELY-keskus on vaatinut 1.10.2019 alkaen maanteiden kunnossapitourakkaa kilpailuttaessa, urakoitsijalta urakkakohtaista ympäristösuunnitelmaa, jossa energiatehokkuus on osana tarjousvaiheen toiminta- ja laatusuunnitelmaa. Ympäristösuunnitelmassa otetaan huomioon energiatehokkuuden lisäksi mm. maanteiden kunnossapidosta aiheutuvat ympäristövaikutukset. Ympäristösuunnitelmasta tulee käydä ilmi urakan keskeiset ympäristönäkökohdat, tarvittavat toimenpiteet, ympäristövastuhenkilöt sekä aikataulus. Ympäristösuunnitelmassa kiinnitetään erityisesti huomiota yrityksen toiminnan mahdollisten ympäristöriskien kartoitukseen, ehkäisyyn ja siihen kuinka toimitaan, jos ympäristöriski toteutuu. Ympäristösuunnitelmalla on siis mahdollista hallita kokonaisvaltaisesti yrityksen ympäristövaikutuksia. (Bergman ym. 2015; Toiminta- ja laatusuunnitelma n.d.)

ELY-keskusten vaatimus ympäristösuunnitelmasta perustuu liikenne- ja viestintäministeriön vuonna 2013 julkaisemaan ympäristöstrategiaan, jossa on määritelty Suomen valtion keskeiset tavoitteet liikennealan ympäristöpolitiikassa ja ympäristötyössä sekä toimintalinjat kaikille liikennemuodoille. Keskeisimmät tavoitteet strategiassa ovat ilmastonmuutoksen hillintä, liikenteen aiheuttamien terveysriskien vähentäminen ja elinympäristön parantaminen, Itämeren suojelu sekä ympäristötyö

vihreän kasvun mahdollistajana. Liikenteen ympäristöstrategiassa linjattiin myös yleisellä tasolla keskeisimmät toimet, joilla määritettyjen tavoitteiden saavuttaminen on mahdollista. (Liikenteen ympäristöstrategia 2013 - 2020.)

3.2 Energiatehokkuus

Väylien kunnossapidolla on suhteellisen vähäinen vaikutus liikenteen energiankulutukseen verrattuna itse liikenteen kuluttamaan energiaan. Väylävirasto on kuitenkin valtion virastona suuri toimija liikenteen alalla ja se pyrkii näyttämään esimerkillään suuntaa myös muille toimijoille. Väylävirasto on myös valtion virastona sitoutunut liikenne- ja viestintäministeriön ympäristöstrategiaan ja on pyrkinyt ohjaamaan toimintaansa linjausten mukaisesti (Kestävämpää liikennettä ja väylänpitoa 2016). Väylävirasto on ottanut kantaa ympäristöstrategiaan omalla vuonna 2014 voimaan tulleella ympäristötoimintalinjallaan, jossa yhtenä tavoitteena on mm. väylänpidon kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 10 % vuoteen 2020 mennessä verrattuna vuoden 2014 tasoon (Liikenneviraston ympäristötoimintalinja 2014). Teiden kunnossapidon ja energiatehokkuuden osalta keskeisimmät linjaukset, joihin Väylävirasto on sitoutunut ovat seuraavat:

- energiatehokkuuden huomioiminen julkisen sektorin liikennehankinnoissa
- pohjavesiriskien hallinta (pohjavesien seuranta ja suojelusuunnitelmat, toimintojen sijoittaminen, vaihtoehtoiset liukkaudentorjunta-aineet, pohjavesisuojaukset)
- kävelyn ja pyöräilyn edistäminen
- älyliikenne (liikenteen hallinta ja liikenteen ohjaus, tiedotus, häiriönhallinta jne.)
- nopeusrajoitusten pudottaminen taajamien sisääntuloväylillä
- vaihtoehtoisten käyttövoimien (erityisesti sähkön käytön) edistäminen liikenteessä
- ennakoivan ajotavan edistäminen (Liikenteen ympäristöstrategia 2013 – 2020)

Edellä listatuiden toimenpiteiden johdosta, Väylävirasto käynnisti vuonna 2014 kehitysprojektin, jonka tavoitteena oli pitkän aikavälin suunnitelmana päivittää ja kehittää uusia kone- ja kuljetuskaluston ympäristö- ja turvallisuusvaatimuksia (ks. taulukot 3 ja 4) sekä laatia tiekartta valittujen vaatimusten käyttöönotolle hoitourakoissa Suo-

messä. Projektissa syntyi 12 uutta ympäristö- ja turvallisuusvaatimusta, jotka koskevat pakokaasupäästöjä, energiatehokkuutta sekä turvallisuutta. Vaatimuksilla Väylävirasto on vastannut Liikenne- ja viestintäministeriön ympäristöstrategian linjauksiin väylänpidon osalta. Tämän lisäksi myös Väyläviraston tulostavoitteeseen kuului vuonna 2018 energiatehokkuuden edistäminen hankintatoimen keinoin. Kehitysprojektin tuotoksena syntyneet uudet kone- ja kuljetuskaluston vaatimukset sisällytetään osaksi hankinta-asiakirjoja ja otetaan käyttöön vaiheittain vuosina 2016–2020 aina alkavissa urakoissa hoitourakkaa kilpailuttaessa. (Bergman ym. 2015.)

Taulukko 3. Pakokaasupäästöihin keskittyvät uudet kone- ja kuljetuskaluston vaatimukset (Bergman ym. 2015)

VAATIMUS	KÄYTTÖÖNOTTO
Hoitoluokan Is teillä kaluston tulee täyttää EURO IV-normin päästövaatimukset hoidon alueurakoissa.	Vaatimus käyttöön vuodesta 2017 alkaen
EURO IV-vaatimus kaikissa hoidon alueurakoissa.	Vaatimus käyttöön vuodesta 2019 alkaen
Stage IIIA ja III B vaatimus paljon käytössä oleville työkoneille hoitoluokan K1 (+K2) teillä (kevyen liikenteen väylät).	Vaatimus käyttöön vuodesta 2020 alkaen

Taulukko 4. Energiatehokkuuteen keskittyvät uudet kone- ja kuljetuskaluston vaatimukset (Bergman ym. 2015)

VAATIMUS	KÄYTTÖÖNOTTO
Kaikki kuljettajat ovat suorittaneet taloudellisen ajotavan koulutuksen. Vaatimus koskee myös muita kuin kuorma-autonkuljettajia. Ilmoitetaan osana tarjousvaiheen toiminta- ja laatu suunnitelmaa. Vaatimus koskee hoidon alueurakoita.	Vaatimus käyttöön vuodesta 2016 alkaen
Hoidon alueurakoissa vaaditaan polttoainekulutuksen seurantatavan ja urakassa käytetyn käyttövoiman ilmoittaminen.	Vaatimus käyttöön vuodesta 2019 alkaen
Hoidon alueurakoissa vaaditaan urakkakohtainen ympäristösuunnitelma, jossa energiatehokkuus osana tarjousvaiheen toiminta- ja laatusuunnitelmaa.	Vaatimus käyttöön vuodesta 2019 alkaen

4 Polttoaineenkulutuksen seuranta

4.1 Hoitourakoiden polttoaineenkulutuksen seuranta

Hoitourakoiden energiatehokkuutta voidaan parantaa lähes ainoastaan vähentämällä fossiilisten energiamuotojen kulutusta urakoissa. Energiatehokkuuden parantaminen ei kuitenkaan saa vaikuttaa työn laatuun heikentävästi. Väylien hoitourakoissa syntyvät kasvihuonekaasupäästöt ovat pääasiassa polttoaineenkulutuksesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Tällöin energiatehokkuutta voidaan parantaa parhaiten vähentämällä polttoaineenkulutusta ja jotta voimme vähentää polttoaineenkulutusta, täytyy hoitourakoissa olla jonkinlainen polttoaineenseuranta. Kun kulutuksen lähtötaso on saatu selville, voidaan sen avulla asettaa prosentuaalisia tavoitteita kulutuksen vähentämiseksi. Tämä on yksi syy, miksi Väylävirasto vaatii uusilla kone- ja kuljetuskaluston vaatimuksilla hoitourakoitsijoilta 1.10.2019 alkaen polttoainekulutuksen seurantatavan ja urakassa käytetyn käyttövoiman ilmoittamista. (Bergman ym. 2015.)

Polttoaineenkulutuksen seurantaan on tarjolla monenlaisia järjestelmiä ja laitteita. Myös raskaan kaluston valmistajat ovat kehittäneet omia polttoaineenkulutuksen seurantajärjestelmiä, mutta tarjolla on myös ns. yleisiä järjestelmiä sekä ajoneuvoon

jälkiasennettavia mittalaitteita. Tarjolla olevia laitteita ja järjestelmiä pystytään käyttämään monipuolisesti kuljetusyrittäjissä polttoaineenkulutuksen seurannan lisäksi mm. kuljetusten suunnitteluun ja kaluston hallintaan. Polttoaineenkulutuksen seurantajärjestelmien käytöstä maksetaan yleensä kuukausimaksua, jonka lisäksi voi olla myös erilliset aloitus- ja laitemaksut. Väyläviraston tutkimuksissa ajotavan seurantajärjestelmät maksavat noin 15—20 euroa kuukaudessa ajoneuvoa kohden eli noin 180—240 euroa vuodessa per ajoneuvo. Tämän lisäksi käytettyyn kalustoon tulee yleensä myös mittalaitteen asennuskustannukset, jotka ovat noin 100 euroa asennusta kohden. Tällöin laskennallisesti esimerkiksi 50 ajoneuvon hoitourakassa polttoaineen seurantajärjestelmä maksaisi ilman laiteasennuksia noin 9 000—12 000 euroa vuosittain ja koko Suomen tasolla seurantajärjestelmien käyttö maksaisi noin 700 000—950 000 euroa vuodessa, mutta todelliset kustannukset tulisivat olemaan huomattavasti enemmän. (Bergman ym. 2015.)

Karkeimmillaan polttoaineenkulutuksen seuranta voi olla esimerkiksi vuosi- tai hoitokausitasolla kerätty tieto kokonaiskulutuksesta. Polttoaineenkulutusta voidaan kuitenkin tarkastella myös paljon tarkemmalla tasolla, kuten ajoneuvo-, kuljettaja-, reitti- tai työajakohtaisesti tarjolla olevien järjestelmien avulla. Mitä tarkemmalle tasolle seurannassa päästään, sitä paremmin pystytään kohdistamaan kulutusta vähentävät toimenpiteet ja saadaan parannettua urakan energiatehokkuutta. Kulutuksen seurannalla pystytään myös selvittämään kuinka paljon erilaiset toimenpiteet vaikuttavat todelliseen polttoaineenkulutukseen. Polttoaineenkulutuksessa on huomattavia alueellisia eroja, jotka johtuvat pääasiassa alueiden erilaisista sääolosuhteista. Tällöin kulutusta vähentävillä toimenpiteillä on yhtä lailla alueellisia vaikuttavuuseroavaisuuksia. (Bergman ym. 2015.)

4.2 Kalusto

Maanteiden kunnossapidon kalusto jaetaan karkeasti kuorma-autoihin ja työkoneisiin. ELY-keskus on määritellyt päästöluokat urakka-asiakirjoissa käyttäen kuorma-autokalustolle EURO-luokitusta ja muille työkoneille STAGE-luokitusta. Raskaan kaluston tulee nykyään täyttää EURO IV -normin päästövaatimukset ympäri vuoden, kun taas työkoneiden tulee täyttää STAGE II -normin päästövaatimukset ensi syksyyn asti,

jolloin astuu voimaan tiukemmat STAGE IIIA ja STAGE IIIB -päästövaatimukset. (Bergman ym. 2015.)

Työkoneet

Maanteiden kunnossapidossa käytettävä työkonekanta vaihtelee laidasta laitaan. Yleisimmät käytössä olevat työkoneet ovat traktoreita ja kaivinkoneita, joita käytetään ympäri vuoden. Taulukosta 5 nähdään yleisimpien käytössä olevien työkoneiden keskimääräiset tuntikulutukset, mutta kulutukseen vaikuttaa myös suuresti työtehtävä. Jos työtehtävä on erittäin raskas, voi työkoneen kulutus helposti kaksinkertaistua. Tällöin pelkästään teoreettisten arvojen seuraaminen mahdollistaa vain suuntaa antavan kulutuksen seurannan. (Bergman ym. 2015.)

Taulukko 5. Dieselukäyttöisten työkoneiden polttoaineen kulutus ja päästöt (Bergman ym. 2015.)

Dieselkäyttöiset ajettavat työkoneet	Pakokaasupäästöt [g/h]			Polttoaineen	
	NO _x	PM	CO ₂	g/kWh	litraa/h
Puskutraktorit	358	21	35 680	253	13,4
Tiehöylät	402	20	43 560	251	16,4
Pyöräkuormaajat	205	11	25 096	257	9,4
Traktorikaivurit	178	9	19 910	259	7,5
Minikaivurit	52	3	7 341	265	2,8
Kaivukoneet, tela-alustaiset	174	7	25 981	256	9,8
Kaivukoneet, pyöräalustaiset	163	7	22 871	258	8,6
Maataloustraktorit	149	8	17 960	257	6,8
Teollisuustraktorit	122	7	14 099	258	5,3
Kunnossapitotraktorit	94	4	13 428	259	5,0
Muut traktorit	172	13	11 524	256	4,3
Ajoruohonleikkurit, diesel	32	4	3 060	270	1,2

Työkoneiden STAGE II -normi (ks. taulukko 6) on tullut voimaan EU:ssa 2001—2004 moottoritehon mukaan, jolloin väylien kunnossapidossa sallitaan jopa lähes 20 vuotta vanhat työkoneet. Uudet STAGE IIIA ja STAGE IIIB -päästövaatimukset ovat tulleet voimaan 2006—2013 moottoritehon mukaan, jolloin käytössä sallitaan 1.10.2020 alkaen enää maksimissaan 14 vuotta vanha työkonekalusto. STAGE II -normissa säänneltyjä päästöjä ovat häkä, typenoksidit, pienhiukkaset ja hiilivedyt, mutta STAGE III -normissa on edellä mainittujen lisäksi säännelty myös ammoniakkipäästöjä. Päästövaatimukset eivät kuitenkaan vaikuta väliaikaiseen kalustoon, joka on käytössä vain alle 14 vuorokautta, eikä pyöräkuormaajiin ja aurausajon ulkopuolella oleviin traktoreihin. Käytännössä vähäisessä käytössä olevat työkoneet jäävät vaatimusten ulkopuolelle. (Liikenteen ympäristöstrategia 2013–2020; Työkoneet 2020.)

Taulukko 6. Työkoneiden stage-luokat ja niiden voimaantulovuodet (Työkoneet 2020)

Stage I	1999
Stage II	2001-2004 moottoritehosta riippuen
Stage IIIA	2006-2007 moottoritehosta riippuen
Stage IIIB	2011-2013 moottoritehosta riippuen
Stage IV	2014
Stage V	2019-2020 moottoritehosta riippuen

Kuorma-autot

Väylien kunnossapidossa kuorma-autokaluston tulee täyttää EURO IV -luokan päästövaatimukset, jotka ovat tulleet voimaan jo 1.10.2006 raskaalle kalustolle (ks. taulukko 7). Väylä on kuitenkin myöntänyt lievennyksen kuorma-autokaluston päästövaatimuksiin, jolla hyväksytään myös EURO III -luokan kalusto, mikäli ajoneuvossa käytetään 100-prosenttisenä seoksena standardin EN 15940 mukaista uusiutuvaa polttoainetta, HVO-dieseliä. Tällöin on siis mahdollista käyttää jopa 1.10.2001 käyttöönotettua kalustoa, joka olisi jo lähes 19 vuotta vanhaa. Keskimäärin kunnossapitokalusto kuitenkin poistetaan käytöstä noin 17 vuoden ikäisenä. Tilastokeskuksen mukaan Suomessa oli vuoden 2019 lopussa liikennekäytössä yhteensä 93 633 kuorma-autoa, pois lukien museoajoneuvoiksi rekisteröidyt, ja niiden keski-ikä oli 13,3 vuotta (Ajoneuvokannan keski-ikä maakunnittain 2018-2019). Tällöin käytöstä poistettava kalusto on jo lähes 4 vuotta vanhempaa verrattaessa Suomen kuorma-autokaluston keski-ikään. Pääasiassa käytössä oleva kalusto on kuitenkin EURO IV -luokkaa tai sitä uudempaa, jolloin kunnossapidossa käytössä olevien kuorma-autojen keski-ikä on suunnilleen samalla tasolla verrattuna koko Suomen kuorma-autokaluston keski-ikään. (Liikenteen ympäristöstrategia 2013 – 2020; Työkoneet 2020; Tommola 2020.)

Taulukko 7. Euronormit ja niiden voimaantulovuodet (Liikenteen ympäristöstrategia 2013 - 2020)

	Henkilöautot	Raskas kalusto
Euro 1 / Euro I	1.7.1993	1.1.1993
Euro 2 / Euro II	1.1.1997	1.10.1997
Euro 3 / Euro III	1.1.2001	1.10.2001
Euro 4 / Euro IV	1.1.2006	1.10.2006
Euro 5 / Euro V	1.1.2011	1.10.2009
Euro 6 / Euro VI	1.1.2015	1.1.2014

4.3 Kulutusta vähentävät toimenpiteet

Polttoaineenkulutusta vähentävillä toimenpiteillä pystytään suoraan vaikuttamaan hoitourakan energiatehokkuuteen. Vaikkakin ala on hyvin erityislaatuinen töiden ja kaluston osalta, voidaan kulutusta kuitenkin vähentää yleisillä kulutusta vähentävillä toimenpiteillä kuten,

- käyttämällä korkeamman EURO-luokan kalustoa
- välttämällä tarpeetonta joutokäyntiä
- pitämällä ajonopeus tasaisena ja ajamalla alhaisemmillä kierroksilla
- välttämällä moottorin käynnistämistä kylmänä
- huolehtimalla renkaiden kunnosta ja rengaspaineista
- käyttämällä energiankulutusta pienentäviä voiteluaineita
- käyttämällä aina työkonetyöskäyttöön tai tieliikenteeseen tarkoitettua standardit täyttävää polttonestettä.

Edellä listatuilla toimenpiteillä voidaan vähentää polttoaineenkulutusta jo usealla prosenttiyksiköllä normaalissa ajossa. On myös tutkittu, että pelkkä polttoaineen kulutuksen seuranta voi vähentää kulutusta. Tiettyjen työtehtävien polttoaineenkulutukseen ei kuitenkaan pystytä huomattavasti puuttumaan listatuilla toimenpiteillä.

4.4 Haasteet

Teiden kunnossapidossa on haasteellisempaa seurata tarkasti polttoaineenkulutusta kuin normaalissa tavaraliikenteessä tai maansiirtotehtävissä, koska kalustolla ja työtehtävillä on suuret kausittaiset vaihtelevuudet ja toiminnassa on mukana monia toimijoita. Eri työtehtävillä on myös huomattavasti toisistaan poikkeavat kulutukset. Esi-

merkiksi auratessa kuorma-auton polttoaineenkulutus saattaa vaihdella 30 - 100 litran välillä riippuen mm. aurattavan materiaalin olomuodosta ja sääolosuhteista. (Bergman ym. 2015.)

Teiden kunnossapidossa käytettävä kalusto vaihtelee normaalisti moottorisahoista kasettiyhdistelmiin, jolloin polttoaineenkulutus myös vaihtelee huomattavasti. Työkonekannan laajuus myös vaikeuttaa polttoaineenkulutuksen seurantaa, koska pienkoneiden kulutusta harvoin seurataan. Teiden kunnossapito on myös harvoin aliurakoitsijan koneille ainut tulonlähde, jolloin aliurakoitsija tekee usein myös saman päivän aikana muitakin työtehtäviä muille työmaille, jolloin kulutusta ei voida seurata kohtuullisin kuluin esimerkiksi keräämällä tankkauskuitteja aliurakoitsijoilta. Aliurakoitsijakyselystä kävi myös ilmi se, että monilta urakoitsijoilta puuttui varsinainen polttoaineenseuranta. Joillakin aliurakoitsijoilla, joilla oli käytössä uudempaa kalustoa, oli käytössä jokin seurantajärjestelmä, joka oli yhteydessä työnjohdon samaiseen seurantajärjestelmään. Mutta suurimmalla osalla aliurakoitsijoista ei tämänlaista järjestelmää ollut käytössä.

Yhtenä haasteena voidaan pitää myös aliurakoitsijoiden kouluttamista, koska aliurakoitsijoiden lähtötasot uusiin sekä olemassa oleviin seurantajärjestelmiin ovat hyvin vaihtelevat ja muutosvastarintaa esiintyy etenkin pienemmissä yrityksissä. Haasteena on myös väylien kunnossapidon polttoaineenkulutuksen seurannassa tarkan kokonaiskulutuksen mittaaminen ilman urakoitsijoiden uusia kalusto- tai mittalaitteinvestointeja. Uudet investointikustannukset lisäävät kuitenkin erityisesti pienempien yritysten muutosvastarintaa.

4.5 Tulevaisuus

4.5.1 Energiatehokkuus

Energiatehokkuus ja päästöjen vähentäminen on tulevaisuudessa entistä tärkeämpää yhteiskunnan ja yritysten kilpailukyvyn kannalta. Maanteiden kunnossapidon polttoaineenkulutuksen seurannalla Liikenneministeriö pyrkii tulevaisuudessa kartoittamaan väylänpidon aiheuttamia päästöjä. Polttoaineenkulutuksen seurannan avulla

pystytään tutkimaan väylien kunnossapidon aiheuttamia päästöjä käyttämällä Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n kehittämää Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmää (ks. liite 1.), josta löytyy tilastoidut keskimääräiset työkoneiden sekä muiden ajoneuvojen hiukkaspäästöt. (Työkoneiden keskimääräinen päästö ja energia tehonkäyttöä kohden Suomessa vuonna 2016, 2017.)

Seuranta voisi mahdollistaa myös tulevaisuudessa polttoaineenkulutukseen ja päästöjen vähennykseen perustuvan palkitsemis- ja bonusjärjestelmän, joilla kannustetaan urakoitsijoita sekä aliurakoitsijoita parantamaan energiatehokkuuttaan ja vähentämään polttoaineenkulutustaan. Esimerkiksi Ruotsissa ja Hollannissa on käytössä tapa, jossa urakoitsijalle maksetaan bonus sen mukaan, kuinka paljon työtunteja on tehty vuodessa vähimmäisvaatimuksia paremmalla kalustolla. Suomessa mahdollisesti kannattavin palkitsemisjärjestelmätyyppi olisi sellainen, jossa tietty palkkio saavutuksesta jaetaan urakoitsijan ja aliurakoitsijan kesken. Tällöin aliurakoitsijoita voidaan kannustaa hankkimaan uudempaa kalustoa. Vanhassa urakkamallissa on myös ollut yleistä, että aliurakoitsijat toimivat lyhyillä alihankintasopimuksilla, jotka ovat olleet jopa alle vuoden mittaisia. Tällöin aliurakoitsijoilla ei ole ollut tarpeeksi hyvää taloudellista varmuutta investoida uuteen kalustoon. Uudessa urakkamallissa asiaan on puututtu lisäämällä tilaajan päätösvaltaa alihankintasopimusten ehtoihin, jolloin aliurakoitsijoille on voitu tarjota aiempaa pidempiä sopimuksia ja tätä kautta vähennetty aliurakoitsijan taloudellista epävarmuutta tulevaisuudesta. (Bergman ym. 2015.)

Monet raskaan kaluston valmistajat ovat myös kehittäneet omia seurantajärjestelmiä, joilla kuljetusyrietykset pystyvät seuraamaan mm. polttoaineenkulutustaan, hiukkaspäästöjä, kaluston liikkeitä, sekä monia muita ajoneuvon tietoja. Seurantajärjestelmistä pystyy myös koostamaan erilaisia raportteja yrityksen käyttöön. On erittäin todennäköistä, että sähköiset seurantajärjestelmät yleistyvät jatkossa mm. kaluston päivityksien yhteydessä. Tällöin ajoneuvoista saadaan automaattisesti tarkat kulutus ja päästö lukemat. Pienille aliurakoitsijoille voi kuitenkin uuden kaluston ja seurantajärjestelmän hankinta sekä tiedon ylläpitäminen aiheuttaa merkittäviä kustannuksia, joka puolestaan saattaa lisätä kehitysvastarintaa kulutuksen seurantaan kohtaan. (Bergman ym. 2015.)

4.5.2 Maanteiden kunnossapito Ruotsissa

Ruotsissa on Suomeen nähden parhaiten verrattavissa oleva maanteiden kunnossapito maiden sijaitessa samoilla leveyspiireillä lähekkäin. Tämän vuoksi Ruotsin maanteiden kunnossapito toimii hyvänä vertausmallina Suomen vastaavaan. Ruotsissa teiden kunnossapidosta vastaa Trafikverket, joka vastaa Suomessa Väylävirastoa. Ruotsissa maanteiden hoito jakautuu 109 alueurakalle, joissa valtiolla on yhteensä noin 100 000 kilometriä hoidettavaa tiestöä. (Operation and maintenance of the national road network n.d.)

Suomessa on otettu Ruotsin jälkeen käyttöön samoja vaatimuksia maanteiden kunnossapidossa. Ruotsissa työkoneille ja kuorma-autoille on käytössä lähtökohtaisesti tiukemmat vaatimukset kuin Suomessa. Ruotsin kunnossapitomalliin verrattuna Suomessa tullaan tietyin osin hieman jäljessä, mutta osittain malleja vertailemalla voimme päätellä mihin suuntaan väylien hoito ja kalustovaatimukset ovat menossa Suomessakin. (Bergman ym. 2015.)

Trafikverket oli aloittanut 1990-luvulla yhteistyön kolmen suurimman kaupungin kanssa, jonka tarkoituksena oli yhtenäistää väylien kunnossapidon ympäristövaatimukset, jotka olivat aiemmin olleet hyvin laajoja ja hajanaisia urakoissa, sekä uudistaa urakoissa käytettyä kalustoa. Uusien vaatimusten toivottiin olevan yksinkertaisia, helppoja seurata sekä kustannustehokkaita. Uusista vaatimuksista oli käyty vuoropuhelua alan toimijoiden kesken ja lopulta päästövaatimukset päätettiin toteuttaa kahdessa vaiheessa, joista ensimmäinen alkoi vuonna 2014, ja toinen vuonna 2017. Vaatimuksissa kaikilta urakoitsijoilta vaadittiin järjestelmällistä ympäristötyötä sekä hankekohtaista ympäristösuunnitelmaa aina urakan aloituskokouksessa. Ympäristösuunnitelmassa tulee käydä ilmi kaluston perusvaatimukset, hankekohtaiset ympäristövaatimukset, kuvaus urakan aikaisesta energiankäytöstä, säästötoimenpiteet sekä arvio säästöistä. Näistä vaatimuksista kolme viimeistä ovat uusia verrattuna Suomen väylien kunnossapidon ympäristösuunnitelmaan. (Bergman ym. 2015.)

Kalustovaatimukset ovat yhteisiä perusvaatimuksia, joihin kuuluvat mm. kaluston osalta CO₂-päästöt sekä pakokaasupäästöt, jotka ovat mukana kaikissa urakkakilpailutuksissa. Näiden lisäksi on kuitenkin myös urakkakohtaisia vaatimuksia, jotka käsittävät mm. melun. Tulevaisuudessa Ruotsissa vaaditaan urakoitsijalta myös urakan keskimääräisten CO₂-päästöjen arviointi tilaajan ehdottaman laskentamallin mukaan. Edellä mainitut vaatimukset CO₂-päästöille, pakokaasupäästöille sekä melulle ovat uusia vaatimuksia Suomeen verrattuna, mutta voidaan olettaa, että vastaavat vaatimukset tulevat käyttöön myös Väylävirastolle tulevaisuudessa. (Bergman ym. 2015.)

4.5.3 Vaihtoehtoiset polttoaineet

Vaihtoehtoisia polttoaineita hyödyntämällä tulevaisuudessa voidaan vähentää väylien kunnossapidosta aiheutuvia CO₂-päästöjä. Nykyään liikenteessä yleistyy erilaisia kestävämpiä vaihtoehtoja tavallisen polttoöljyn rinnalle, kuten biodiesel, liikennebiokaasu sekä sähkö, joilla voidaan parantaa raskaan kaluston energiatehokkuutta. Joskaan vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöä ei ole tutkittu riittävästi teiden kunnossapidossa, eikä vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä kunnossapidon kalustoja ole vielä laajasti saatavilla. Vaihtoehtoisten polttoaineiden saatavuudessakin on merkittäviä alueellisia eroja, jolloin kaikissa urakoissa ei välttämättä ole edes mahdollista käyttää niitä, tai vaihtoehtoisesti tankkausmatka mitätöi saavutetut ympäristöhyödyt. Tällöin vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttö olisi mahdollista vain suurien asukaskeskittymien hoitourakoissa, joissa on mahdollisesti jo vaihtoehtoisten polttoaineiden jakeluinfrastruktuuri, ja joissa ympäristöhyödyt ovat suhteessa suuremmat kuin syrjäseuduilla. (Vaihtoehtoiset polttoaineet n.d.)

Väylien kunnossapidossa pyritään myös ohjaamaan hankintoja niin, että vaihtoehtoisia polttoaineita ja käyttövoimia tulisi käyttöön. Vuosina 2018–2020 Väyläviraston ohjeistuksen mukaan ELY-keskuksen tulee tilaajana selvittää energia- ja ilmastotavoitteidensa tueksi sopivia kohteita, joissa voidaan pilotoida uusia käyttövoimia, kuten sähköä, kaasua ja metaania. Selvitys tehdään mahdollisesti yhteistyössä kaupunkien tai urakoitsijoiden kanssa. Väyläviraston ohjeistuksen mukaan voidaan pitää siis todennäköisenä sitä, että tulevaisuudessa vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttö tu-

lee lisääntymään entisestään väylien kunnossapidossa. Kynnyskysymyksinä yleistymiselle on kuitenkin mm. polttoaineiden hinnat, jakeluinfrastruktuuri ja kaluston kehittyminen. (Bergman ym. 2015.)

Vaikkakin lähes kaikki vaihtoehtoiset käyttövoimat tuovat kuorma-autoon lisää painoa verrattuna perinteiseen dieselkäyttöiseen kuorma-autoon, saa Suomessa kuitenkin lisätä vaihtoehtoisen käyttövoiman tuoman lisäpainon verran painoa yhdistelmän suurimpaan kokonaismassaan enintään tuhat kiloa, jolloin useimmissa tapauksissa vaihtoehtoinen käyttövoima ei vähennä ajoneuvon kantavuutta. (Vaihtoehtoiset polttoaineet n.d.)

HVO-diesel

HVO-diesel (Hydrogenerated Vegetable Oil) on kemiallisesti lähes identtinen fossiilisen dieselöljyn kanssa, mutta käytössä HVO:lla on mahdollista vähentää hiilidioksidipäästöjä jopa 90 % verrattuna fossiiliseen dieselöljyyn ilman, että toimintasäde pienenee. Uusiutuva HVO-diesel täyttää eurooppalaisen polttoainestandardin EN 15940, joka määrittelee synteettisen tai uusiutuvista raaka-aineista vetykäsittelmällä tuotetun kehittyneen dieselin laadun ja ominaisuudet. Uusiutuvaa dieseliä voidaan valmistaa eri lähteistä, kuten eläinrasvasta, jäte- tai kasviöljystä vetykäsittelyprosessilla. Uusiutuvaa HVO-dieseliä on mahdollista käyttää sellaisenaan kaikissa dieselmootto-reissa ja näin ollen sitä on mahdollista käyttää jo tänä päivänä maanteiden kunnossapidossa. (Vaihtoehtoiset polttoaineet n.d.)

Biokaasu

Suomen energia- ja ilmastostrategiassa yksi erityinen tavoite on liikenteen biopolttoaineiden käytön merkittävä lisääminen ja biokaasulla toimivia kuorma-autoja on jo huomattava määrä Suomen liikenteessä. Biokaasua voidaan valmistaa monista eri raaka-aineista ja täysin paikallisesti, jolloin koko toimitusketjun energiatehokkuus paranee entisestään. Biokaasu valmistetaan yleisimmin jätteistä tai jätevedestä, joka mädätetään, ja josta syntyy lopulta metaania. Biokaasua voidaan käyttää joko paineistettuna, jolloin tyypillisen kuormatun puoliperävaunuyhdistelmän toimintasäde on noin 1000 kilometriä, tai nesteytettynä, jolloin toimintasäde on noin 400 kilometriä. Biokaasun CO₂-päästöt ovat 90 prosenttia pienemmät kuin perinteisellä dieselillä

ja jakeluinfrastruktuuri on jo osittain toiminnassa Suomessa. Biokaasun käyttö väylien kunnossapidossa olisi siis mahdollista jossakin määrin, mutta yleistyminen vaatisi tarkempia tutkimuksia käyttövoiman käytöstä väylien kunnossapidossa. (Vaihtoehtoiset polttoaineet n.d; Bioenergian käyttö n.d.)

Sähkö

Sähkö käyttövoimana kuorma-autoissa on vielä uusi ja tutkimattomampi energiamuoto, mutta esimerkiksi Volvo ja Scania ovat tuoneet jo Suomen markkinoille omia sähkö- ja hybridikuorma-autoja, joilla pystytään ajamaan päästöttömästi. Kyseisillä kuorma-autoilla tosin toimintamatkat ovat huomattavan pienet verrattuna muilla polttoaineilla käyviin ajoneuvoihin (täyssähköllä 200—300 kilometriä ja hybridillä pelkällä sähköllä noin 10 kilometriä). Valmistajien mukaan kalusto sopiikin parhaiten kaupunkiliikenteeseen, jossa vähäpäästöisyys on erityisen tärkeää ja välimatkat lyhyitä. Tulevaisuudessa on todennäköistä, että hybriditeknologia yleistyy kuorma-autoissa maanteiden kunnossapidossa ja täyssähkö mahdollisesti pienemmissä työkohteissa. (Ensimmäiset sähköiset Volvo-kuorma-autot toimitettu asiakkaille 2019; Vaihtoehtoiset polttoaineet n.d.)

5 Kehitystyö

5.1 Taustatyö

Väylävirasto ei ole urakka-asiakirjoissaan määritellyt tiettyä seurantatapaa alueurakoitsijoille, jolloin urakoitsijoille tarjotaan mahdollisuus suunnitella itse toteutettava seurantatapa. Polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmän kehittämisessä oli tärkeää menetelmän helppokäyttöisyys, jonka vuoksi työssä tuli toteuttaa kyselyitä ja asiantuntijahaastatteluita YIT:n työnjohdolle, projektipäällikölle ja aliurakoitsijoiden kuljettajille. Lisäksi työssä tuli tutkia erilaisia polttoaineenkulutuksen seurantajärjestelmiä, joista pystyttiin saamaan mallia toteutettavaan menetelmään.

Energiatehokkuuskappale oli osa laajempaa ympäristösuunnitelmaa, jolloin ympäristösuunnitelmaa tuli hyödyntää kokonaisuudessaan, jottei asiatyöli muutu merkittävästi kappaleen kohdalla. Hoitourakan energiatehokkuuteen tuli tutustua Väyläviraston aineistoja hyödyntämällä sekä asiantuntijahaastatteluilla.

5.2 Asiantuntijahaastattelut

Haastatteluiden tavoitteina oli selvittää polttoaineenkulutuksen seurannan nykytila, kehittymismahdollisuudet sekä mahdolliset seurantatavat. Haastattelut suoritettiin vapaaehtoisina vuoropuheluin ilman tiettyä kaavaa. Haastateltavina oli Jyväskylän alueurakan työnjohtajia, työpäällikkö sekä YIT:n projektipäällikkö. Haastatteluissa selvitettiin projektipäällikön kanssa mahdollisuutta polttoaineenkulutuksen seurannan lisäämisestä yrityksen käytössä olevaan töiden seurantajärjestelmään. Haastattelusta projektipäällikön kanssa kehittyi muutamia kysymyksiä töiden seurantajärjestelmän kehittäjille, joilta saimmekin myös vastaukset kysymyksiin. Haastatteluiden perusteella polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmä ja menetelmäohje päädyttiin suunnittelemaan työnjohdolle. Haastatteluissa käytiin läpi mm. seuraavia asioita:

- Polttoaineenseurantatapa
- Käyttövoiman ilmoittaminen
- Töiden seurantajärjestelmän hyödyntäminen
- Kaluston energiatehokkuus
- ELY:n vaatimukset
- Tulevaisuuden näkymät väylien kunnossapidossa

6 Tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää maanteiden kunnossapidon kaluston energiatehokkuutta, tuottaa polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmä ja menetelmäohje sekä energiatehokkuuskappale väylien kunnossapidon urakkakohtaiseen ympäristösuunnitelmaan. Työssä tutkittiin myös kunnossapitokaluston työläjikohtaisia kulutuksia, joita voitaisiin hyödyntää polttoaineenkulutuksen seurannassa. Tämän lisäksi tutkittiin tulevaisuuden näkymiä väylien kunnossapitokaluston energiatehokkuudessa.

Kaikkia opinnäytetyössä valmistuneita tuloksia on tarkoitus hyödyntää YIT:llä väylien kunnossapidossa.

6.1 Polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmä

Työssä tuli tuottaa työn tilaajalle mahdollisimman joustava ns. ensimmäisen vaiheen polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmä, jota voisi hyödyntää missä urakassa vain valtakunnallisesti. Tämän vuoksi päädyttiin työnjohdolle suunnattuun manuaaliseen seurantajärjestelmään, jossa on mahdollista muuttaa keskimääristä työkohtaista kulutusta käytettävän kaluston, tai työn muuttuneen rasituksen takia. Tämän vuoksi valmistunutta järjestelmää on mahdollista hyödyntää eri puolilla Suomea.

Työssä selvitettiin myös mahdollisuutta suunnitella seurantamenetelmä suoraan työn tilaajalla käytössä olevaan töiden seurantajärjestelmään, joka on ns. yleinen järjestelmä. Järjestelmä sisältää polttoaineenkulutuksen seurantaan soveltuvia elementtejä, mutta seurantajärjestelmää ei voinut suunnitella suoraan kyseiseen tietojärjestelmään, sen ollessa liian joustamaton manuaaliseen polttoaineenkulutuksen seurantaan. Lisäksi järjestelmästä ei voinut hakea tietyllä työkonetyypillä tehtyjä töitä suoraan, jolloin seurannan työmäärä kasvoi huomattavasti. Sen sijaan, tietojärjestelmää olisi mahdollista hyödyntää automaattisessa polttoaineenseurannassa, joka kuitenkin vaatisi myös aliurakoitsijoilta investointeja omiin seurantajärjestelmiin ja -laitteisiin. (Jansson 2020.)

Tutkimissani polttoaineenkulutuksen seurantajärjestelmien testeissä oli huomattu, että automaattisen seurantajärjestelmän ja manuaalisen tiedonkeruun välillä oli noin 8-18 % ero, joka vaihteli käytettävän kaluston mukaan. Testeissä oli automaattinen seuranta toteutettu jälkiasennetulla mittalaitteella, kun taas manuaalinen tiedonkeruu oli käytännössä tankkauspäiväkirjan täyttämistä, johon listattiin tankatut litrat ja käyttötunnit tai ajetut kilometrit. Mittalaitteissa, jotka oli suunniteltu mittaamaan kuorma-autojen polttoaineenkulutusta, oli suurempi virhemarginaali, kun sitä käytettiin työkoneissa. Myös testien pituudet sekä mittalaitteiden kalibrointi ja kalibrointien tiheys saattaa aiheuttaa kyseistä virhemarginaalia. (Olli 2018.)

Polttoaineenkulutuksen seurantaan suunnittelin lopulta Excel-taulukon, jolla polttoaineenkulutusta voitaisiin seurata. Alla olevassa taulukossa (ks. taulukko 8) on esimerkkinä kooste tammikuussa tapahtuneen työlajin kokonaiskulutuksesta kolmelta menneeltä tammikuulta. Työkoneiden ja työlajien keskimääräinen kulutus haetaan kaavan avulla toisesta taulukosta, jonne kulutukset voidaan merkata erikseen jokaisessa urakassa. Tällä tavoin pystytään esimerkiksi seuraamaan polttoaineenkulutusta tietyssä työlajissa, tai tietyllä työkoneella eri vuosina ja vertailemaan tuloksia. Taulukkoa pystyy myös soveltamaan päivä- tai kuljettajakohtaiseen polttoaineenseurantaan. Toteutuneet kilometrit ja tunnit haetaan yrityksellä käytössä olevasta töiden seurantajärjestelmästä.

Taulukko 8. Esimerkki polttoaineenkulutuksen seurantataulukosta.

Vuosi	Kuukausi	Työkone	Työlaji	Keskimääräinen kulutus	Toteutuneet km (Kuorma-autot, l/km)	Toteutuneet tunnit (Työkoneet l/h)	Polttoaineen kulutus (l)	Käyttövoima
2020	Tammikuu	Kuorma-auto 1 Talvi	Auraus ja sohjonpoisto	0,6	12345,6		7407,36	Diesel
2019	Tammikuu	Kuorma-auto 1 Talvi	Auraus ja sohjonpoisto	0,6	7890,1		4734,06	Diesel
2018	Tammikuu	Kuorma-auto 1 Talvi	Auraus ja sohjonpoisto	0,6	23456,7		14074,02	Diesel

Menetelmäohje

Tämän lisäksi työssä valmistui menetelmäohje polttoaineenkulutuksen seurantaan. Seurantamenetelmällä työnjohto pystyy seuraamaan aliurakoitsijoiden polttoaineenkulutusta, jolloin menetelmäohjekin tuli toteuttaa työnjohdolle. Menetelmäohjeessa kerrotaan havainnollistaen mistä ja miten vaadittavat tiedot tulee noutaa ja kuinka taulukkoa tulee käyttää kulutuksen seurannassa.

Virhemarginaali

Valmiissa seurantajärjestelmässä voi esiintyä huomattava virhemarginaali pääasiassa talvihoidossa, joka syntyy mm. vaihtelevasta kalustosta, aliurakoitsijoiden seurantajärjestelmän käytöstä, sääolosuhteista ja ajonopeudesta. Talvihoidossa lumen auraus aiheuttaa pääasiassa suurta virhemarginaalia. Aurauksesta ei ole vielä tarkkoja teoreettisia kulutuksia, koska työlajissa on paljon kulutukseen vaikuttavia tekijöitä. Kesähoidossa seurantajärjestelmä tulee toimimaan pienemmällä virhemarginaalilla, koska työtehtävien kulutukset ovat tasaisempia, eikä sääolosuhteet vaikuta huomattavasti kaluston kulutukseen. Tällöin polttoaineen kulutus on lähempänä teoreettista kulutusta. Virhemarginaalia aiheuttaa myös aliurakoitsijoiden töiden merkitseminen seu-

rantajärjestelmään. Tätä virhemarginaalia voidaan vähentää aliurakoitsijoiden perehdyttämisellä ja tarkan töiden seurannan painottamisella, koska usein aliurakoitsija saattaa merkitä työn väärälle työlajille tai unohtaa sammuttaa seurannan lopettaessaan työt. Virhemarginaalia voidaan pienentää myös työnjohdon asiantuntemuksella omasta urakka-alueestaan sekä hyödyntämällä ajoneuvonkuljettajan havaintoja ja tietoja.

Virhemarginaali polttoaineenkulutuksen seurannassa jää todennäköisesti noin 10 %:iin kesähoidossa ja noin 10—20 %:iin talvihoidossa. Todellinen virhemarginaali kesähoidossa selviää, kun seurantajärjestelmää pilotoidaan tulevana kesänä. Virhemarginaalista huolimatta järjestelmällä saadaan yhdessä aliurakoitsijoiden oman seurannan kanssa suhteellisen tarkka kulutuksen lähtötaso.

Hyödyt

Polttoaineenkulutuksen seurannasta saatavat hyödyt ovat suurimmalta osalta välillisiä ja väylien kunnossapidon osalta seurannalle ei voida vielä laskea rahamääräistä hyötyä vaan hyödyt ovat enemmänkin yhteiskunnallisia. Todellisen hyödyn ratkaisee se, kuinka urakoitsijat hyödyntävät seurannasta saatavaa tietoa. Tietoa voidaan hyödyntää mm. reittien ja töiden optimoinnissa, jolloin saatu hyöty jakautuu alueurakoitsijan ja aliurakoitsijan välille.

6.2 Energiatehokkuusosuus ympäristösuunnitelmaan

Opinnäytetyössä toteutettiin energiatehokkuusosuus väylien kunnossapidon urakka-kohtaiseen ympäristösuunnitelmaan omana lukunaan. Energiatehokkuuslukua on tarkoitus hyödyntää sellaisenaan tai sovellettuna urakkakohtaisessa ympäristösuunnitelmassa. Energiatehokkuusluvussa otetaan kantaa hoitourakassa syntyviin energiankulutuksiin sekä päästöihin. Luvussa tulee myös käydä ilmi, kuinka yritys pyrkii parantamaan energiatehokkuuttaan ja vähentämään urakan aikaisia päästöjään.

6.3 Tulevaisuuden näkymät

Opinnäytetyössä tutkittiin myös tulevaisuuden näkymiä väylien kunnossapidon kaluston energiatehokkuudessa. Työssä peilattiin Suomen väylien kunnossapitoa Ruotsin vastaavaan, koska kunnossapidon osalta löydettiin paljon yhtäläisyyksiä maiden välillä. Ruotsissa kunnossapidon energiatehokkuutta säädellään hieman tarkemmin kuin Suomessa ja Ruotsissa on myös enemmän energiatehokkuuteen liittyviä vaatimuksia. Suomessa on kuitenkin otettu käyttöön samankaltaisia vaatimuksia kuin Ruotsissa, mutta vain hieman jäljessä. Voidaan kuitenkin olettaa, että Suomessa seurataan Ruotsin esimerkkiä väylien kunnossapidon energiatehokkuuden parantamisessa.

Energiankulutuksen seurannalla Väylävirasto pyrkii myös pilotoimaan uusia energiatehokkaampia keinoja väylien kunnossapidossa sekä kohdentamaan kulutusta vähentäviä toimenpiteitä tarkemmin. Voimme odottaa lähivuosien aikoina uusia, entistä tiukempia kalustovaatimuksia ja EURO-luokan korotuksia. Myös polttoaineenkulutuksen seurannalla pyritään todennäköisesti asettamaan energiatehokkuusvaatimuksia urakoille, kuten esimerkiksi hoitourakan tavoitteena on vähentää urakan aikaista energiankulutusta 2 % hoitovuodessa. Vastaavilla vaatimuksilla Väylävirasto pystyy järjestelmällisesti vähentämään väylien kunnossapidosta aiheutuvia hiukkaspäästöjä sekä urakoiden energiankulutusta.

7 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa seurantamenetelmä ja menetelmäohje maanteiden kunnossapidon polttoaineenkulutuksen seurantaan sekä täydentää ympäristösuunnitelmaa energiatehokkuuden osalta. Tämän lisäksi työssä tuli selvittää tulevaisuuden näkymiä väylien kunnossapidon kaluston energiatehokkuuden osalta. Seurantamenetelmän toteuttamisessa haasteena oli rajalliset resurssit ja aika, koska työ tuli toteuttaa mahdollisimman kustannustehokkaasti ja ilman, että menetelmää pys-

tyi ajanpuitteissa testaamaan käytännössä. Menetelmällä pystyttiin laskemaan menneitä kulutuksia, mutta menetelmän tuloksia ei pystytty vertaamaan aliurakoitsijoiden kaluston kulutuksiin täysimääräisesti.

Opinnäytetyössä valmistuneita polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmää, menetelmäohjetta sekä ympäristösuunnitelman energiatehokkuusosiota on tarkoitus pilotoida välittömästi työn valmistuttua Jyväskylän hoidon ja ylläpidon alueurakassa.

Opinnäytetyön teoriaosassa keskityttiin väylien kunnossapidon työtehtäviin, niissä käytettävään kalustoon, työkoneiden kulutuksiin kyseisissä työtehtävissä sekä polttoaineenkulutukseen vaikuttaviin tekijöihin. Tällöin saatiin kokonaiskuva erityislaatuista alasta sekä alan polttoaineenkulutuksen tasosta. Pyrin avaamaan teoriaosassa polttoaineenkulutukseen eniten vaikuttavia työlajeja, jolloin käsittelin laajemmin esimerkiksi lumenaurasta ja liukkaudentorjuntaa.

Opinnäytetyössä olen käyttänyt aineistonkeruumenetelminä havainnointia, asiantuntijahaastatteluita sekä Väyläviraston ja YIT:n verkko- ja sopimusaineistoja, koska mielestäni ne olivat luotettavimpia tarjolla olevia lähteitä. Aiheesta oli osittain aiempia tutkimuksia, mutta suoranaisesti polttoaineenkulutuksen seuranta ja energiatehokkuutta väylien kunnossapidossa ei ollut riittävästi tutkittu, jotta olisin saanut luotettavia lähtötietoja kulutuksesta. Väyläviraston tutkimuksissa tukeudutaan lähinnä VTT:n LIPASTO yksikköpäästö-tietokantaan, jossa olevia kulutuksia on vain sovellettu näennäisesti väylien kunnossapitoon, kuten esimerkiksi lumenaurauksen kulutuksena oli tutkimuksessa käytetty maansiirtokuorma-auton katuajon täyden kuorman polttoaineenkulutusta, joka on noin 55 l/100 km (Bergman ym. 2015). Näin ollen työhön sai parhaimman tiedon kulutuksesta aliurakoitsijakyselyllä, jonka vastausprosentti jäi kuitenkin hyvin alhaiseksi. Kyselyllä saatiin kuitenkin suuntaa antava kokonaiskuva alan polttoaineenkulutuksen rakenteesta.

Opinnäytetyössä oli tarkoitus myös käydä tutustumassa aliurakoitsijoiden kalustoon sekä polttoaineenkulutuksen seurantaan paikan päällä, mutta koronatilanteen vuoksi

vierailut täytyi peruuttaa. Tämän vuoksi suoritettiin sen sijaan edellä mainittu aliurakoitsijakysely, josta ei kuitenkaan saatu yhtä kattavia vastauksia kuin mahdolliset vierailut olisivat tarjonneet.

Opinnäytetyössä tutkittiin ns. ensimmäisen vaiheen polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmää, jolloin seurantaan liittyy useita näkökohtia, joita pitäisi tutkia enemmän. Yksi tärkeimmistä tutkittavista näkökohdista on ajoneuvojen työläjikohtaiset polttoaineenkulutukset, jotka tulisi selvittää ajoneuvokohtaisilla kulutusmittauksilla. Mittauksia tulisi suorittaa esim. noin vuoden ajalta ajoneuvokohtaisesti samankaltaisilla mittalaitteilla, jotka kalibroidaan yhtä usein. Tällöin voidaan saada suhteellisen tarkka tieto ajoneuvojen kulutuksesta työläjikohtaisesti. Kulutusta tarkemmin tutkimalla on myös mahdollista parantaa tutkimuksen luotettavuutta.

Polttoaineenkulutuksen seurantamenetelmäksi voisi tutkia myös täysin automaattista järjestelmää, jossa työläjikohtainen kulutus saataisiin suoraan ajoneuvosta työnhondolle. Jatkotutkimuksia tulisi tehdä myös YIT:llä käytössä olevaan töiden seurantajärjestelmään, jonne voisi olla mahdollista toteuttaa täysin automaattinen seurantajärjestelmä pidemmällä aikavälillä. Kyseisen järjestelmän hyödyntäminen vaatisi tosin jatkossa myös aliurakoitsijoiden ajoneuvoihin asennettavia erillisiä seurantalaitteita, jolloin järjestelmän kustannukset lisääntyvät. Automaattisissakin järjestelmissä tosin esiintyy edelleen virhemarginaalia, joka syntyy monista eri tekijöistä. Automaattiset seurantajärjestelmät tuovat myös lisää kustannuksia alueurakoitsijalle sekä aliurakoitsijoille, jolloin urakan kokonaishintakin kasvaa. Uudessa urakkamallissa tulisi myös tutkia polttoaineenkulutuksen seurannan kustannusten jakautumista tilaajan ja urakoitsijoiden välille.

Lähteet

Ajoneuvokannan keski-ikä maakunnittain 2018-2019. Tilastokeskuksen tietokanta. Viitattu 7.4.2020. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__lii__mkan/statfin_mkan_pxt_11id.px/table/tableViewLayout1/.

Bergman, I-M., Kulonen, O., Peltola, V & Penttinen, M. 2015. Kone- ja kuljetuskaluston ympäristö- ja turvallisuusvaatimukset 2015–2020. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. Viitattu 30.3.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-60_kone_kuljetuskaluston_web.pdf.

Bioenergian käyttö. N.d. Artikkelio bioenergiasta Motivan verkkosivuilla. Viim. muutos 13.2.2020. Viitattu 27.4.2020. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto.

Ensimmäiset sähköiset Volvo-kuorma-autot toimitettu asiakkaille. 2019. Lehdistötiedote 19.2.2019 Volvotrucksin verkkosivuilla. Viitattu 19.4.2020. <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/news/press-releases/2019/feb/lehdistotiedote-19022019.html>.

Historia. N.d. Destia. Viitattu 20.1.2020. <https://www.destia.fi/yritys/historia.html>.

Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat 1.10.2019 - 1.10.2020. 2019. Väyläviraston hoitourakat kartalla 2019 – 2020. Viitattu 25.1.2020. <https://vayla.fi/documents/20473/24116/Hoitourakat+kartalla+2019/336cd198-6602-4cdd-863b-13d5ae2aebfd>.

Jansson, P. 2020. Projektipäällikkö. YIT Oy. Haastattelu 3.2.2020.

Kestävää liikennettä ja väylänpitoa. 2016. Liikenneviraston selvitystyö Väyläviraston verkkosivuilla. Viitattu 23.4.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lr_2016_kestavampaa_liikennetta_web.pdf.

Konsernin rakenne. N.d. YIT:n verkkosivuilla. Viitattu 25.1.2020. <https://www.yit-group.com/fi/tietoa-yitsta/konsernin-rakenne>.

Kunnossapito. 2019. Maanteiden kunnossapidosta kertova artikkeli Elinkeino- ja ympäristöviraston verkkosivuilla. Viim. muutos 3.1.2019. Viitattu 17.3.2020. <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2>.

Levola, K. N.d. Hoidonjohtomallin pilotointi Espoo 2014 - 2019. Pirkanmaan ELY-keskus. Viitattu 25.1.2020. https://tapahtumat.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1284/levola_fin_nettiin.pdf.

Liikenneviraston ympäristötoimintalinja. 2014. Liikenneviraston toimintalinjoja julkaisu Väyläviraston verkkosivuilla. Viitattu 7.4.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lto_2014-01_liikenneviraston_ymparistotoimintalinja_web.pdf.

Liikenteen ympäristöstrategia 2013 – 2020. 2013. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 43/2013. Viitattu 26.2.2020. http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/77942/Julkaisu_43-2013_Ymparistostrategia.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Maanteiden talvihoito. 2018. Liikenneviraston ohje 33/2018 Väyläviraston verkkosivuilla. Viitattu 12.2.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-33_maanteiden_talvihoito_web.pdf.

Maanteiden talvihoito. 2017. Liikenneviraston ohjeita 1/2017 Väyläviraston verkkosivuilla. Viitattu 25.2.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-01_maanteiden_talvihoito_web.pdf.

Mannola, M. 2019. Ilmastonmuutos ja kestävä kehitys Väyläviraston toiminnassa. Väyläviraston julkaisu 49/2019. Viitattu 24.4.2020 https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2019-49_ilmastonmuutos_kestava_web.pdf.

Mattila, T., Sikiö, M-T., Jylänki, P. & Ekholm, A. 2016. Kaliumformiaatin käytön ympäristö- ja liikenneturvallisuusvaikutukset. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 5/2016. Viitattu 26.2.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2016-05_kaliumformiaatin_kayton_web.pdf.

Olli, M. 2018. Loppuraportti Väyläviraston tutkimuksesta päällystysprosessin polttoaineenkulutuksen reaaliaikaisesta mittauksesta. Viitattu 27.4.2020. <https://vayla.fi/documents/20473/431718/Päällystysprosessin+polttoaineenkulutuksen+reaaliaikainen+mittaus/5ed54081-96fb-4240-afbd-f8300febc51e>.

Operation and maintenance of the national road network. N.d. Julkaisu Ruotsin liikennevirasto Trafikverketin verkkosivuilla. Viim. muutos 28.1.2020. Viitattu 30.4.2020. <https://www.trafikverket.se/en/startpage/suppliers/Procurement/supplier-information/operation-and-maintenance-of-the-national-road-network/>.

Sorateiden kunnossapito. 2014. Liikenneviraston ohjeita 1/2014 Väyläviraston verkkosivuilla. Viitattu 24.2.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-01_sorateiden_kunnossapito_web.pdf.

Talvihoidon toimintalinjat. 2018. Liikenneviraston toimintalinjoja 1/2018 Väyläviraston verkkosivuilla. Viitattu 25.2.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lto_2018-01_talvihoidon_toimintalinjat_web.pdf.

Teiden kunnossapito. N.d. Väylä. Viim. muutos 28.06.2019. Viitattu 25.1.2020. <https://vayla.fi/tieverkko/kunnossapito#.Xi6x725uLug>.

Tieverkko. N.d. Väylä. Viim. muutos 15.07.2019. Viitattu 7.2.2020. <https://vayla.fi/tieverkko#.Xj2FtG5uLug>.

Toiminta- ja laatusuunnitelma. N.d. YIT. Viitattu 23.4.2020. Saatavilla YIT:n tietojärjestelmissä.

Tommola, J. 2020. Jyväskylän alueurakan työnjohtaja. YIT Suomi Oy. Haastattelu 31.1.2020.

Työkoneet. 2020. Artikkelit Motivan verkkosivuilla. Viitattu 20.4.2020. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/tyokoneet.

Työkoneiden keskimääräinen päästö ja energia tehonkäyttöä kohden Suomessa vuonna 2016. 2017. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n verkkosivuilta LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta. Viitattu 1.4.2020. http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaas-tot/muut/tyokoneet/tyokoneet_teho.htm.

Uusi teiden hoidon urakkamalli. 2018. Tiedote 18.10.2018 Väyläviraston verkkosivuilla. Viitattu 30.3.2020. <https://vayla.fi/-/uusi-teiden-hoidon-urakkamalli>.

Vaihtoehtoiset polttoaineet. N.d. Vaihtoehtoiset polttoaineet Scania kuorma-autoissa. Scania kotisivut. Viitattu 19.4.2020. <https://www.scania.com/fi/fi/home/kestava-kehitys/vaihtoehtoiset-polttoaineet.html>.

Vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden kulkeutuminen pohjavedessä. 2013. Suomen ympäristökeskuksen tutkimus maanteiden vaihtoehtoisista liukkaudentorjunta-aineista. Viim. muutos 7.12.2017. Viitattu 26.2.2020. <https://www.syke.fi/hankkeet/midas>.

Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä. 2014. Liikenneviraston ohjeita 18/2014 Väyläviraston verkkosivuilla. Viitattu 26.2.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-18_viherrakentaminen_hoito_web.pdf.

YIT ja Lemminkäinen yhdistyvät. 2017. YIT OYJ Pörssitiedote 19.6.2017. Viitattu 7.2.2020. <https://www.yitgroup.com/fi/news-repository/porssitiedotteet/yit-ja-lemminkainen-yhdistyvat>.

Yli 100-vuotinen YIT. N.d. YIT:n verkkosivuilla. Viitattu 20.1.2020. <https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta/historia>.

Liite 1. Työkoneiden keskimääräinen päästö ja energia tehonkäyttöä kohden Suomessa vuonna 2016

Työkoneiden keskimääräinen päästö ja energia tehonkäyttöä kohden Suomessa vuonna 2016

Dieselikäyttöiset ajettavat työkoneet	Keskimääräinen nimellisteho [kW]	Keskimääräinen kuormitusaste	Päästöt [g/kWh]									Kulutus [g/kWh]	Energia [MJ/kWh]
			CO	HC	NOx	PM	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	CO ₂	CO ₂ e		
Nosturit	99	0.26	4.4	1.1	6.2	0.36	0.048	0.015	0.0025	823	828	260	11
Muut trukit, diesel	33	0.30	5.3	1.4	6.8	0.52	0.050	0.014	0.0026	861	866	272	12
Haarukkatrukut, diesel	88	0.30	4.1	0.89	5.0	0.23	0.050	0.013	0.0025	825	830	261	11
Puskutraktorit	112	0.40	4.2	1.1	6.6	0.37	0.048	0.015	0.0025	816	821	258	11
Tiehäylät	149	0.37	3.4	0.88	5.9	0.30	0.047	0.016	0.0024	804	810	254	11
Jyrit	45	0.30	4.8	1.0	5.3	0.34	0.049	0.014	0.0026	846	852	268	12
Pyöräkuormaajat	94	0.33	4.1	0.9	5.4	0.29	0.049	0.014	0.0025	823	828	260	11
Traktorikaivurit	74	0.33	5.3	1.1	6.2	0.35	0.050	0.014	0.0025	837	842	265	11
Minikaivurit	22	0.40	6.2	2.5	9	0.95	0.049	0.013	0.0026	852	857	270	12
Kaivukoneet, tela-alustaiset	104	0.31	4.2	0.73	4.2	0.19	0.050	0.013	0.0025	824	829	261	11
Kaivukoneet, pyöräalustaiset	88	0.32	4.3	0.77	4.3	0.21	0.049	0.013	0.0025	829	834	262	11
Maasto-oustraktorit	77	0.31	4.7	1.0	5.5	0.36	0.050	0.014	0.0025	846	852	263	11
Teollisuus-oustraktorit	67	0.29	6.8	1.5	8.2	0.58	0.053	0.013	0.0026	849	854	268	12
Kunnossapitotraktorit	62	0.28	4.3	0.73	4.1	0.23	0.050	0.013	0.0025	858	863	264	11
Muut traktorit	58	0.27	4.9	1.9	10	0.75	0.043	0.021	0.0025	816	823	258	11
Leikkapuumurit	89	0.57	4.3	0.86	5.0	0.26	0.049	0.014	0.0025	825	831	261	11
Hakkuukoneet (Moto)	149	0.40	1.7	0.22	1.2	0.02	0.046	0.013	0.0024	798	803	252	11
Metsätraktorit	105	0.30	2.4	0.29	1.8	0.06	0.047	0.013	0.0025	813	818	257	11
Dumpperit	153	0.30	3.6	0.83	5.0	0.21	0.050	0.014	0.0025	812	818	257	11
Monitoimikoneet	50	0.25	4.5	0.92	5.1	0.30	0.049	0.013	0.0025	837	843	265	11
Teleskooppikuorittajat	78	0.28	4.7	0.90	5.1	0.26	0.050	0.013	0.0025	834	839	264	11
Ajoruohteikkurit, diesel	12	0.30	6.3	2.8	10	1.1	0.047	0.013	0.0026	856	861	271	12
Muut ajettavat dieseliätyökoneet	89	0.36	3.6	0.72	4.0	0.17	0.051	0.013	0.0025	824	830	261	11
Bensiinikäyttöiset ajettavat työkoneet													
Trukit, bensiini	30	0.30	348	7.1	3.9	0.080	0.69	0.030	0.0056	1096	1122	374	16
Trukit, kaasua	30	0.30	16	15	8.8	0.070	1.0	0.050	0.00056	1066	1106	371	17
Ajoruohteikkurit, bensiini	10	0.50	338	9.6	4.4	0.080	1.2	0.030	0.0055	1072	1111	366	15
Muut ajettavat bensiinikäyttöiset	10	0.50	330	9.3	4.6	0.080	1.2	0.030	0.0054	1055	1094	360	15
Siirrettävät dieselikäyttöiset työkoneet													
Dieselgeneraattorit	35	0.50	5.4	1.8	8.1	0.70	0.049	0.014	0.0026	858	863	271	12
Kompressorit	70	0.60	4.7	1.1	6.1	0.38	0.049	0.014	0.0025	833	839	264	11
Täryttimet, diesel	6.0	0.70	8.5	3.9	12	1.53	0.050	0.013	0.0027	873	878	276	12
Muut dieselk. siirrettävät työkoneet	37	0.50	5.6	1.8	8.1	0.7	0.050	0.014	0.003	858	863	271	12
Bensiinikäyttöiset siirrettävät työkoneet (myös käsikäyttöiset)													
Täryttimet, bensiini	3.5	0.60	361	18	3.9	0.080	2.3	0.030	0.0056	1102	1167	376	16
Ruohonleikkurit, bensiini, käsikäyttöiset	3.0	0.40	409	23	3.5	0.080	2.5	0.030	0.0059	1156	1228	394	17
Puutarhajäyskimet	3.0	0.50	339	19	4.0	0.080	2.5	0.030	0.0055	1073	1144	366	15
Lumilingat	7.0	0.30	366	13	3.9	0.080	1.5	0.030	0.0057	1121	1166	382	16
Generaattorit, bensiini	3.0	0.60	340	19	4.0	0.080	2.5	0.030	0.0055	1073	1144	366	15
Muut bensiinikäyttöiset siirrettävät työkoneet	3.0	0.50	372	20	3.6	0.080	2.5	0.030	0.0057	1112	1183	379	16
Mootorisahat, ammattikäyttöä	2.5	0.60	360	54	1.4	2.50	4.1	0.010	0.0075	1466	1571	500	21
Mootorisahat yksityiskäyttöä	1.5	0.30	378	59	1.3	2.50	5.3	0.010	0.0078	1519	1654	518	22
Raivaussahat	2.0	0.40	377	58	1.3	2.50	4.6	0.010	0.0077	1514	1632	517	22
Trimmerit	1.0	0.40	412	82	1.3	2.6	6.6	0.010	0.0081	1589	1757	542	23
Muut käsikäyttöiset	1.0	0.40	395	73	1.3	2.55	6.6	0.010	0.0080	1564	1732	534	22

CO = hiilimonoksidi, HC = hiilivedyt, NOx = typen oksidi, PM = pakokaasujen kokonaishiukkasmäärä, CH₄ = metaani, N₂O = typpioksiduuli, SO₂ = rikkidioksidi, CO₂ = hiilidioksidi, CO₂e = hiilidioksidiekvivalentti (CH₄ kerroin 25, N₂O kerroin 298), kWh = kilowattitunti, MJ = megajoule